



Bruno Miguel Marques Nascimento

Licenciado em Ciências da Engenharia
Eletrotécnica e de Computadores

Plataforma de apoio à decisão para análise e solução de erros de cravamento

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

Orientador: Professor Doutor André Teixeira Bento Damas Mora

Júri:

Presidente: Professora Doutora Anabela Gonçalves Pronto
Arguente: Professor Doutor José Manuel Ribeiro da Fonseca
Vogal: Professor Doutor André Teixeira Bento Damas Mora



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Março de 2016

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Copyright © Bruno Miguel Marques Nascimento, FCT/UNL, UNL

Março de 2016

Agradecimentos

Em primeiro lugar gostaria de agradecer ao Professor Doutor André Damas Mora, orientador científico da presente dissertação, pela disponibilidade a qualquer hora do dia, por todos os conhecimentos transmitidos e pela cordialidade sempre presente na relação professor-aluno.

Ao Engenheiro Rui Dias agradeço por todo o apoio nas atividades de desenvolvimento, bem como por todas as discussões construtivas que permitiram melhorar este trabalho.

Ao Engenheiro Filipe Anunciação agradeço por me ter dado a oportunidade de realização da dissertação na empresa, bem como por todo o apoio durante o desenvolvimento do projeto.

Em especial, agradeço aos meus pais e irmã que tornaram possível este percurso, que embora longe, tenham estado sempre presentes para apoiar quer nas melhores quer nas piores alturas. Porque esta dissertação não resulta apenas de um semestre mas sim de um percurso académico de vários anos com altos e baixos.

Quero também agradecer à Marta Carmo, pelo apoio e incentivo que me deu durante o período de realização da presente dissertação.

Resumo

De maneira a que nos dias de hoje haja competitividade tecnológica e empresarial no mundo automóvel, é necessário que se otimize cada vez mais os processos de fabrico, para que estes sejam o mais eficientes possível, reduzindo o custo de processamento e aumentando a qualidade de produção.

Na presente dissertação, é realizado um estudo de qualidade e fiabilidade dos vários tipos de terminais produzidos por uma unidade de fabrico específica, com recurso a tecnologias de monitorização e deteção de erros. O objetivo é efetivamente a redução de desperdício de matéria-prima e dos custos a ela associados, nomeadamente as paragens excessivas das máquinas de processamento de cabos elétricos. Desta forma a redução dos custos de produção será mitigado eficientemente e de forma estruturada.

Os diversos módulos que foram desenvolvidos tiveram por objetivo a caracterização de vários erros de cravamento de terminais numa fábrica específica, para que se pudesse verificar e documentar quais as causas e soluções para cada um dos problemas. A análise minuciosa dos dados recolhidos e a sua inserção numa base de dados, permitiu a criação de uma plataforma online onde o acesso à resolução de problemas recorrentes esteja acessível de forma rápida a todas as unidades de fabrico dentro da organização. O recurso a esta plataforma pretende reduzir o tempo de paragem das máquinas aumentando a eficiência de produção e a utilização dos recursos organizacionais de forma efetiva, sendo este o objetivo principal. As informações recolhidas serão posteriormente, inseridas num portal online.

Foram também estudadas e aplicadas técnicas de inteligência computacional, nomeadamente árvores de decisão, sobre os dados recolhidos das máquinas de cravamento no sentido de tentar identificar possíveis causas para os problemas identificados.

Termos chave: Cravamento, erros, base de dados, monitorização, multifilares, CFA, árvores de classificação, plataforma online

Abstract

Nowadays, in order to have technological and business competitiveness in the automotive sector, it is necessary to optimize the manufacturing processes, so that they are as efficient as possible, reducing the processing cost and increasing the production quality.

In the present work, we conducted a quality and reliability study of the various types of terminals produced by a particular manufacturing unit, using monitoring and error detection technologies. The aim is to effectively reduce the waste of raw materials and the costs associated with it, including stopping the electrical cable processing machines. Thus the reduction in production costs will be efficiently mitigated and in a structured way.

The modules that were developed aimed the characterization of various terminal crimping errors in a specific manufacturing unit, so that the causes and solutions to each problem could be verified and documented. The analysis of the collected data and their inclusion in a database, allowed the creation of an online platform where access to the recurring problem solving is accessible quickly to all manufacturing units within the organization. The use of this platform aims to reduce the machines downtime, increase the production efficiency and the use of organizational resources effectively, which is the main objective of this project. The information collected will later be inserted in an online portal.

Were also studied and applied computational intelligence techniques, including decision trees, on the data collected from the crimping machines to try to identify possible causes for the problems identified.

Keywords: crimping, data base, errors, monitoring, strands, CFA, Classification tree, online platform

Índice de Texto

Resumo.....	I
Abstract	III
Índice de Texto	V
Índice de Figuras	IX
Índice de Tabelas.....	XIII
Introdução	1
1.1 Objetivo e metodologia	2
1.2 Estrutura da dissertação	2
Enquadramento	4
1.3 Cravamento de terminais	4
1.3.1 Máquina de cravamento automático.....	4
1.3.2 Ferramentas de cravar.....	5
1.3.3 Sistemas de monitorização.....	6
1.3.4 Descarnador de cabo.....	6
1.3.5 Dinamómetro.....	7
1.3.6 Micrómetro	8
1.3.7 Ferramenta de cravar pneumática (GMD)	8
1.3.8 Terminal	9
1.4 Detecção de falhas	10
1.4.1 Garras do cobre	10
1.4.2 Cabeça do terminal	11
1.4.3 Janela.....	12
1.4.4 Garras do isolamento.....	12
1.5 Árvores de Decisão.....	13
1.5.1 Construção de uma árvore de decisão	14
1.5.2 Vantagens da árvore de decisão	14
1.5.3 Desvantagens da árvore de decisão	14
1.6 Plataforma Online	15
1.6.1 Vantagens e desvantagens da plataforma Online	15
1.6.2 História da Internet.....	16
1.6.3 Linguagens de programação utilizadas no desenvolvimento	16
1.6.3.1 PHP	17
1.6.3.2 SQL	17
1.6.3.3 HTML	18

Trabalho desenvolvido	19
1.7 Importação dos Ficheiros estatísticos.....	19
1.7.1 Linguagem de programação	20
1.7.2 Esquema lógico do programa de importação	21
1.8 Análise dos 10 terminais mais críticos dos Ficheiros estatísticos	23
1.9 Árvore de decisão	23
1.9.1 Definição e seleção da linguagem de programação.....	24
1.9.2 Esquema lógico do programa de criação da árvore de decisão	25
1.10 Plataforma Online	26
1.10.1 Base de dados	26
1.10.2 Arquitetura.....	27
Análise e discussão dos resultados	29
1.11 Importação dos ficheiros estatísticos	29
1.12 Análise dos ficheiros estatísticos	31
1.12.1 Fábrica	31
1.12.2 Máquina 9	33
1.12.3 Máquina 14	36
1.12.4 Máquina 17	38
1.12.5 Máquina 19	40
1.13 Árvore de classificação	43
1.13.1 Máquina 9	43
1.13.2 Máquina 14	45
1.13.3 Máquina 17	46
1.13.4 Máquina 19	48
1.14 Plataforma WEB.....	49
Conclusões e Trabalho Futuro	55
1.15 Conclusões	55
1.16 Trabalho Futuro.....	56
Referências	57

Índice de Figuras

FIGURA 1.1: MÁQUINA DE CORTE[7].....	5
FIGURA 2.2: TIPOS DE CONTROLADORES DE MONITORIZAÇÃO.....	6
FIGURA 2.3: MÁQUINA DE DESCARNAR FIO EM MODOS MANUAL 7	7
FIGURA 2.4: FIO DESCARNADO EM MODOS MANUAL 7	7
FIGURA 2.5: DINAMÓMETRO UTILIZADO PARA A REALIZAÇÃO DO TESTE DE TRAÇÃO[9].....	7
FIGURA 2.6: MICRÓMETRO DE UMA MÁQUINA DE CRAVAR AUTOMÁTICA 8	8
FIGURA 2.7: FERRAMENTA DE CRAVAR PNEUMÁTICA GMD.....	9
FIGURA 2.8: CONSTITUIÇÃO DE UM TERMINAL ^[17]	9
FIGURA 2.9: ANÁLISE MICROGRÁFICA DE UM CRAVAMENTO CONSIDERADO BOM.....	10
FIGURA 2.10: TOLERÂNCIAS DE CRAVAMENTO[8] 11	11
FIGURA 2.11: ILUSTRAÇÃO DE UM BOM E MAU CRAVAMENTO[10]. 12	12
FIGURA 2.12: LÓGICA DE UMA ÁRVORE DE DECISÃO.....	13
FIGURA 2.13: EXEMPLO DE SISTEMA CENTRALIZADO[22].....	15
FIGURA 2.14: EXEMPLO DA LINGUAGEM PHP. 17	17
FIGURA 2.15: EXEMPLO DA LINGUAGEM SQL. 17	17
FIGURA 2.16: EXEMPLO DA LINGUAGEM HTML.....	18
FIGURA 3.17: EXEMPLO DE UM FICHEIRO PRODUCTI.SDC.....	20
FIGURA 3.18: EXEMPLO DO AMBIENTE DE PROGRAMAÇÃO EM VBA. 21	21
FIGURA 3.19: ESQUEMA LÓGICO PROGRAMA DE IMPORTAÇÃO.....	22
FIGURA 3.20: EXEMPLO DE UMA ANÁLISE DOS 10 TERMINAIS MAIS CRÍTICOS. 23	23
FIGURA 3.21: EXEMPLO DO AMBIENTE DE PROGRAMAÇÃO EM MATLAB. 24	24
FIGURA 3.22: ESQUEMA LÓGICO ÁRVORE DE DECISÃO EM MATLAB. 25	25
FIGURA 3.23: DIAGRAMA DE ENTIDADES E RELACIONAMENTOS DA PLATAFORMA ONLINE 26	26
FIGURA 3.24: ESQUEMA LÓGICO DA PLATAFORMA ONLINE.....	27
FIGURA 3.25: ESQUEMA LÓGICO DE ADMINISTRADOR DA PLATAFORMA ONLINE.....	28
FIGURA 4.26: PROGRAMA DE IMPORTAÇÃO DOS DADOS ESTATÍSTICOS.....	29
FIGURA 4.27: EXCEL APÓS IMPORTAÇÃO DO FICHEIRO ESTATÍSTICO. 30	30
FIGURA 4.28: FOLHA DA MÁQUINA 1 DO EXCEL COM OS DADOS ESTATÍSTICOS. 31	31
FIGURA 4.29: NÚMERO DE MAUS CRAVAMENTOS POR MÁQUINA.....	32
FIGURA 4.30: PERCENTAGEM DE DESPERDÍCIO POR MÁQUINA.....	32
FIGURA 4.31: MAUS CRAVAMENTOS DA MÁQUINA 9.....	34
FIGURA 4.32: PERCENTAGEM DE DESPERDÍCIO DA MÁQUINA 9. 34	34
FIGURA 4.33: MAUS CRAVAMENTOS DA MÁQUINA 14.....	36
FIGURA 4.34: PERCENTAGEM DE DESPERDÍCIO DA MÁQUINA 14. 37	37
FIGURA 4.35: MAUS CRAVAMENTOS DA MÁQUINA 17.....	38
FIGURA 4.36: PERCENTAGEM DE DESPERDÍCIO DA MÁQUINA 17. 39	39
FIGURA 4.37: MAUS CRAVAMENTOS DA MÁQUINA 19.....	40

FIGURA 4.38: PERCENTAGEM DE DESPERDÍCIO DA MÁQUINA 19.	41
FIGURA 4.39: EXEMPLO DE FICHEIRO ANALISADO.	43
FIGURA 4.40: ÁRVORE DE TOTAL DE DADOS ANALISADOS DA MÁQUINA 9.	44
FIGURA 4.41: ÁRVORE DE PROBABILIDADES DA MÁQUINA 9.	44
FIGURA 4.42 ÁRVORE DE TOTAL DE DADOS ANALISADOS DA MÁQUINA 14.	45
FIGURA 4.43 ÁRVORE DE PROBABILIDADES DA MÁQUINA 14.	46
FIGURA 4.44 ÁRVORE DE TOTAL DE DADOS ANALISADOS DA MÁQUINA 17.	47
FIGURA 4.45 ÁRVORE DE PROBABILIDADES DA MÁQUINA 17.	47
FIGURA 4.46: PÁGINA INICIAL DA PLATAFORMA WEB.	49
FIGURA 4.47: SEPARADOR PROBLEMAS.	49
FIGURA 4.48: ESCOLHA DO PROBLEMA EM MODO DE TREINO.	50
FIGURA 4.49: ESCOLHA DA CAUSA EM MODO DE TREINO.	50
FIGURA 4.50: POSSÍVEL SOLUÇÃO EM MODO DE TREINO.	51
FIGURA 4.51: INTRODUÇÃO DE UM NOVO PROBLEMA NA TABELA DE REGISTO.	51
FIGURA 4.52: INTRODUÇÃO DA CAUSA NA BASE DE DADOS.	52
FIGURA 4.53: POSSÍVEL SOLUÇÃO DE UM PROBLEMA NUMA SITUAÇÃO REAL.	53
FIGURA 4.54: INTRODUÇÃO DE UM NOVO PROBLEMA NA TABELA PROBLEMAS.	53
FIGURA 4.55: INTRODUÇÃO DE NOVAS CAUSAS NA TABELA CAUSAS.	54
FIGURA 4.56: PRINT DA TABELA DE REGISTO.	54

Índice de Tabelas

TABELA 1.1: FASES DO TRABALHO E LINGUAGENS UTILIZADAS.	3
TABELA 2.2: TIPO DE PRENSAS PARA CRAVAMENTO DE TERMINAIS[4].....	5
TABELA 2.3: DESIGNAÇÃO DAS PARTES DE UM TERMINAL	10
TABELA 2.4: LINGUAGENS DE PROGRAMAÇÃO MAIS UTILIZADAS EM DESENVOLVIMENTO.	16
TABELA 4.5: ESTATÍSTICA DA FÁBRICA POR MÁQUINA.	33
TABELA 4.6: ESTATÍSTICA DA MÁQUINA 9.....	35
TABELA 4.7: ESTATÍSTICA DA MÁQUINA 14.	37
TABELA 4.8: ESTATÍSTICA DA MÁQUINA 17.	39
TABELA 4.9: ESTATÍSTICA DA MÁQUINA 19.	41

1. Introdução

O cravamento de terminais em fios condutores é uma parte importante na tecnologia automóvel[1]. Hoje em dia, os carros estão extensivamente equipados com diversos sensores e mecanismos de carácter eletrónico, sendo por isso vital que a cablagem elétrica presente nas viaturas esteja em perfeitas condições de funcionamento e que efetivamente desempenhe sem restrições o objetivo para o qual foram desenvolvidos. Esta necessidade reflete-se tanto para os dispositivos de carácter de conforto como o GPS e rádio, como para os dispositivos de segurança, nomeadamente o airbag ou o ABS.

Sendo o cravamento de terminais uma parte importante na fase de construção de uma viatura, pois vai conectar todos os pontos de sinal elétrico, esta requer um acompanhamento contínuo com o intuito de garantir a sua fiabilidade. Em paralelo, e uma vez que os custos de produção de tais componentes são elevados devido às matérias-primas utilizadas e ao equipamento associado, é necessário garantir uma produção com o mínimo de desperdício[2], [3].

Para que se possa reduzir o custo de produção da cablagem elétrica, é necessário que se faça um estudo detalhado de quais são as variáveis que condicionam a que não se tenha um rácio de custo-qualidade de alto nível e uma produção sem falhas.

Para a deteção de más conexões (terminal vs fio elétrico) existem diversos métodos, tais como, o controlo de parâmetros de monitorização. Durante o processo de cravamento são analisados os dados dos sensores de força e estes são comparados com uma curva de força de referência obtida previamente. Os parâmetros de monitorização são os que definem as tolerâncias para a comparação da curva de força de referência com a referente ao último cravamento. Desta forma é possível verificar quais são os terminais e cabos que reportam um maior número de erros. Durante a fase de produção todos os cravamentos serão comparados contra a respetiva curva de referência por forma a validar a qualidade do mesmo separando logo à partida os maus dos bons cravamentos.

A realização de estudos para conhecer A priori a probabilidade de um determinado terminal ou cabo ter problemas, permite adotar medidas preventivas de forma a mitigar ou até mesmo eliminar o desperdício de matéria-prima e a diminuição da qualidade dos cabos produzidos. Pelo método computacional de árvores de decisão, é possível fazer uma predição de quais os terminais ou tipos de fio mais críticos para o processo de cravamento e se porventura existe alguma relação com outras variáveis, nomeadamente o operador da máquina, equipamento, parâmetros utilizados ou com a hora em que foi realizado. Para tal, a árvore de decisão será alimentada com diversos parâmetros entre eles a hora, o operador, o terminal, o tipo de fio e o número da máquina que processou o cabo.

Com o evoluir da tecnologia e numa era em que a internet está amplamente difundida, trará com toda a certeza um valor acrescentado a informação atempada sobre eventuais problemas que possam acontecer durante o processo de cravamento. Neste sentido, foi desenhada uma plataforma online em ambiente web, munindo a organização de diversas mais valias no processo, nomeadamente: a possibilidade de inserir relatórios detalhados sobre novos problemas para que o responsável pela área de Engenharia os possa analisar e encontrar soluções para os mesmos; conter

histórico sobre situações anteriores para uma posterior análise caso o erro não seja novo; ser utilizada como ferramenta de treino para que novos operadores de estações de cravar possam ter melhor e mais proactiva formação relativamente aos problemas existentes, quais as soluções a implementar caso aconteça um dos erros que estejam na plataforma e por consequente o conhecimento efetivo da causa que levou a esse mesmo problema.

1.1 Objetivo e metodologia

Existem nesta dissertação dois grandes objetivos, sempre com o foco no conhecimento e por consequência na melhoria do processo de conexão de terminais metálicos a fios elétricos na indústria automóvel.

O principal objetivo é o estudo de técnicas de análise de dados para detetar os principais erros de cravamento de terminais, que têm influência na produtividade. O caso de estudo foi uma unidade de fabrico com uma grande variedade de terminais, o que permitiu aceder a uma maior quantidade e diversidade de dados para estudo. Para se conseguir obter os dados de cravamento, foi necessária a leitura dos ficheiros gerados pelas máquinas de corte e analisar os dados recolhidos com o auxílio de ferramentas, tais como o Excel e Matlab.

Um segundo objetivo foi munir a organização de conhecimento explícito sobre o processo, o que levou ao desenho e implementação de uma plataforma *online* que onde são inseridos numa base de dados os resultados dos estudos efetuados. Esta solução possibilita o acesso a soluções para os problemas mais comuns, como também às causas, providenciando informação valiosa para o departamento de manutenção, sendo possível a atualização dos planos de manutenção preventiva com os pontos críticos para o processo a fim de os verificar antes que os problemas efetivamente aconteçam em ambiente produtivo.

1.2 Estrutura da dissertação

A estrutura da dissertação foi dividida em 3 grandes fases a fim de facilitar não somente a sua interpretação, mas também a demonstração da metodologia do projeto, pois acabam por todas elas estarem encadeadas para se atingir o objetivo final.

Numa primeira fase e após a análise detalhada da informação existente na organização, foi verificado que os dados estatísticos estavam em ficheiros de texto. Nesta fase foi elaborada uma ferramenta em Excel para conversão dos dados num formato que permitisse a sua análise. A ferramenta foi criada com o recurso a linguagem VBA (Visual Basic for Applications).

A segunda parte foi a análise dos dados recolhidos na primeira fase. Foram analisados os terminais com maior nível de criticidade, retirando desta análise os 10 terminais que mais maus cravamentos produziam, sendo estes alvo de maior foco no estudo. Nesta parte foi também testada a utilização de árvores de decisão para a partir dos dados recolhidos fazer extração de conhecimento, para tal foi utilizada a ferramenta MatLab.

A terceira e última parte foi a criação de uma plataforma WEB, que mune a organização com a informação necessária para facilitar a resposta a determinados problemas relacionados com o processo de cravamento, bem como a possibilidade de saber as causas para todos os problemas conhecidos e também as soluções para os mesmos.

Tabela 1.1: Fases do trabalho e linguagens utilizadas.

Fase	Descrição	Linguagens utilizadas
1	<ul style="list-style-type: none"> ○ Importação dos dados dos ficheiros estatísticos para um ficheiro Excel; 	<ul style="list-style-type: none"> ○ VBA
2	<ul style="list-style-type: none"> ○ Análise dos ficheiros Excel com os terminais mais críticos; ○ Construção de uma árvore de decisão; ○ Estudo dos problemas mais frequentes; 	<ul style="list-style-type: none"> ○ VBA ○ MatLab
3	<ul style="list-style-type: none"> ○ Construção de uma plataforma WEB, com base no estudo realizado na fase 2; 	<ul style="list-style-type: none"> ○ HTML ○ PHP ○ SQL

2. Enquadramento

Neste capítulo será feito o enquadramento do projeto, assim como os equipamentos e tecnologias associadas ao processo de cravamento.

1.3 Cravamento de terminais

O cravamento de terminais define-se pela ligação de um fio elétrico e um terminal metálico, tendo ambos os produtos diversas metodologias de processamento e sendo os mesmos também compostos por diversos materiais, acabamentos e espessuras. O processo de cravamento[4] tem vários parâmetros que permitem garantir o melhor desempenho, seja em termos elétricos, seja em termos mecânicos (movimentação involuntária, força necessária para danificar a conexão, fio vs. terminal). Para a realização do processo de cravamento de terminais, são necessárias ferramentas, entre elas as ferramentas de cravar[5], que são compostas por diversos componentes com as dimensões apropriadas aos terminais metálicos e ao diâmetro do fio a cravar, prensas onde são alojadas as ferramentas e o sistema de monitorização, equipado com sensores de força para executar um controlo contínuo do processo. O processo de cravamento pode ser executado em manual ou em automático.

1.3.1 Máquina de cravamento automático

Para que os terminais possam ser cravados de forma automática em grande volume, é necessário recorrer a uma máquina de corte[6] equipada com prensas de cravar. Estas máquinas têm um sistema de puxe de fio, dois braços em carbono e um sistema de lâminas para corte e desnude do fio de cobre. Os braços movem-se do centro (bloco de lâminas) para as laterais, onde estão localizadas as prensas de cravar, e através de um sinal elétrico a prensa inicia o ciclo logo após o braço estar na posição correta com o fio.

As máquinas de corte, são máquinas geridas a nível de software, onde é possível definir os parâmetros a serem utilizados, tais como a altura de cravamento, o tipo de fio e comprimento a ser utilizado, e qual o terminal a ser cravado.

Nesta máquina, apresentada na figura 1.1 é necessário apenas um operador o qual realiza diversas tarefas, tais como o corte de cablagem, o cravamento de terminais, ou mesmo a aplicação de vedantes, para estanquidade.



Figura 1.1: Máquina de corte[7]

1.3.2 Ferramentas de cravar

As prensas são um dos componentes mais importantes no processo de cravar, pois sem elas seria uma tarefa bastante árdua e complexa, visto estarem em causa forças entre 1 a 8 T.

Para que o processo seja simplificado, existem uma série de pressupostos e dimensões que têm de ser respeitados, tais como o tamanho de descarnamento do cabo, tipo de ferramenta de cravar e as peças que a compõem, assim como os parâmetros que definem a forma do terminal depois de cravado. Existem dois tipos de prensas para cravar terminais, as quais são apresentadas na tabela seguinte. Entenda-se por cravamento individual, um único fio de cobre num terminal metálico e por cravamento duplo dois fios de cobre num único terminal metálico.

Tabela 2.2: Tipo de prensas para cravamento de terminais[4].

Prensa		Função			
Prensa de cravar automática	Corte de fio	Descarnar	Cravamento individual	Cravamento duplo	Isolamento
	-	-	Cravamento individual	Cravamento duplo	Isolamento

1.3.3 Sistemas de monitorização

Este tipo de sistema é fundamental em todas máquinas de cravar terminais, bem como prensas de bancada, sendo que serve para apoiar o operador do equipamento a controlar dois problemas pertinentes do processo de cravação: o isolamento cravado nas azas do cobre ou a falta de multifilares de cobre durante o processo de cravar[8]. Este tipo de sistema, não substitui o operador apesar de por vezes ser a causa de falta de atenção do mesmo. No entanto, é efetivamente uma grande ajuda durante o processo produtivo. De salientar que o operador tem sempre de verificar o fio cravado a fim de confirmar se o produto final está de acordo com as especificações definidas para um bom cravamento.

Existem dois tipos de controladores, nomeadamente, controladores para prensas manuais de bancada, e controladores para máquinas automáticas, tal como se pode verificar na Figura 2.2.

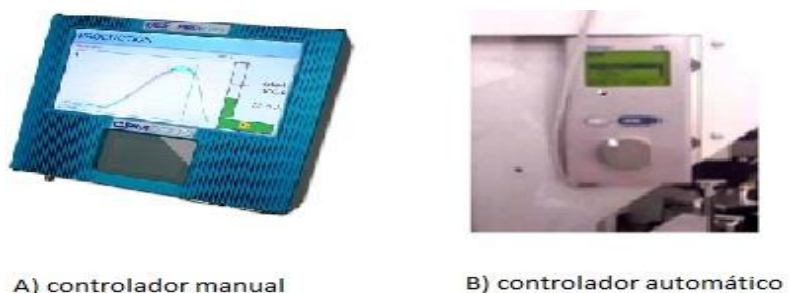


Figura 2.2: Tipos de controladores de monitorização

1.3.4 Descarnador de cabo

Um descarnador de cabo, Figura 2.3, é uma máquina de desnude com ajuste manual, cuja finalidade é fazer o corte do isolamento do cabo e de seguida removê-lo a fim de expor o cobre para que o mesmo possa ser alvo de conexão ou cravamento no terminal metálico, sendo que o cobre exposto terá a dimensão certa de acordo com o comprimento das azas do terminal propriamente dito. O tamanho do isolamento a ser descarnado é ajustado pelo operador, que tal como mencionado anteriormente será de acordo com o terminal metálico a processar. Adicionalmente, ter de ser ajustado para que as lâminas existentes no descarnador abram o suficiente para que não sejam cortados multifilares. Caso o processo de cravar seja efetuado por uma máquina, o descarnar de um cabo é feito de forma automática, sendo necessária a configuração do fio na máquina, designadamente o diâmetro do cobre sem o isolamento, diâmetro total do cabo e o parâmetro “wayback”. Este último parâmetro refere-se ao processo que decorre após o cortar do isolamento, nomeadamente as lâminas abrem um pouco e movem-se para fora a fim de extrair o isolamento.



Figura 2.3: Máquina de descarnar fio em modo manual

Na figura 2.4 pode-se verificar um exemplo de um cabo descarnado.

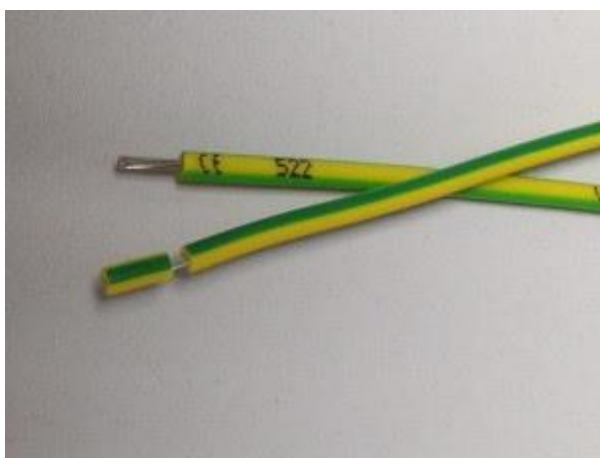


Figura 2.4: Fio descarnado em modo manual

1.3.5 Dinamómetro

Este equipamento é usado para medir a força de puxe suportada pelo terminal, depois de cravado. Esta força é tabelada para cada tipo de terminal e secção, sendo que o seu valor é medido em Newtons.



Figura 2.5: Dinamómetro utilizado para a realização do teste de tração[9].

1.3.6 Micrómetro

Para verificar se a altura e largura dos terminais cravados estão dentro dos parâmetros, é necessária a utilização de um instrumento metrológico, como apresentado na figura 2.6. O micrómetro tem a capacidade de aferir dimensões lineares de um determinado objeto, nomeadamente a espessura, larguras, alturas e diâmetros, com uma precisão na ordem de micrómetros. No processo de cravamento executado por uma máquina com a ajuda deste tipo de instrumento, esta tem a possibilidade de se ajustar em passos de 1mm de forma automática e sem qualquer tipo de intervenção manual do operador.



Figura 2.6: Micrómetro de uma máquina de cravar automática

1.3.7 Ferramenta de cravar pneumática (GMD)

A ferramenta de cravar GMD (Global Mini Die) é constituída por diversos componentes, sendo os mesmos definidos através de um estudo específico conduzido para o efeito na primeira vez que o terminal entra em produção na organização. Como tal, os centros de validação definem, de acordo com um leque de regras padronizadas, as várias partes que formarão o kit de cravação do terminal a processar. Associado a essa definição são executados vários testes mecânicos e elétricos a fim de garantir que a combinação (cabo e terminal) usando os parâmetros definidos, irá respeitar os requisitos mencionados nas normas dos clientes. Na Figura 2.7 podem-se ver os diversos componentes associados ao processamento de uma combinação (cabo e terminal).

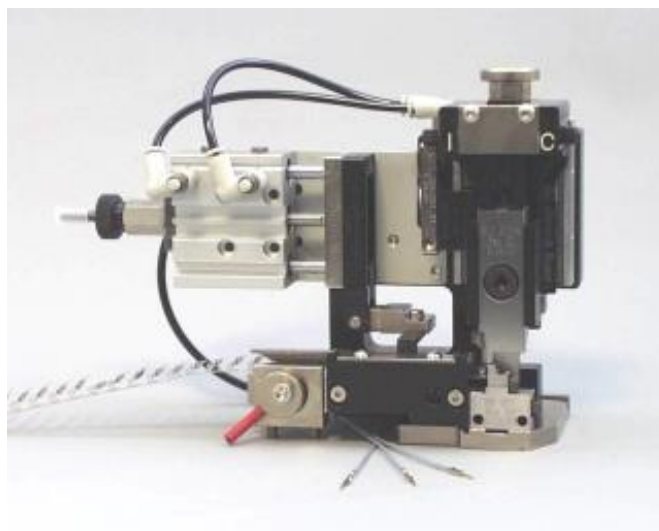


Figura 2.7: Ferramenta de cravar pneumática GMD

1.3.8 Terminal

O terminal onde irá ser cravado o fio[10], é constituído por várias zonas, existindo três distintas, sendo elas: a zona de conexão do terminal, onde o mesmo vai ser etiquetado à caixa de bornos, a zona onde é cravado o cobre e por fim a zona onde vai ser cravado o isolamento. Cada uma destas zonas tem vários pontos-chave, tal como é possível verificar na Figura 2.8.

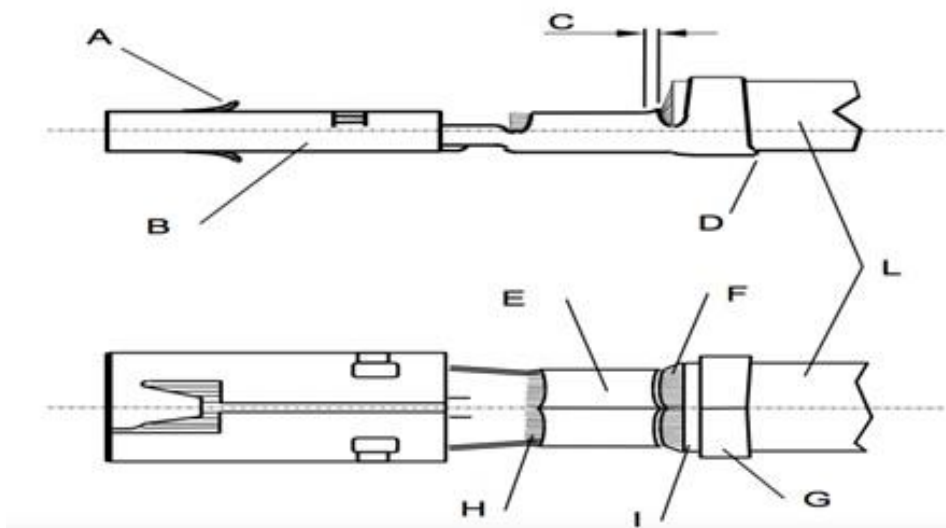


Figura 2.8: Constituição de um terminal^[17]

Tabela 2.3: Designação das partes de um terminal

Letra	Designação	Letra	Designação
A	Patilha de Fixação	F	Janela
B	Cabeça do terminal	G	Garras do isolamento
C	Gola	H	Fim do cabo (cobre)
D	Testemunho de corte	I	Fim do Cabo (Isolamento)
E	Garras do cobre	L	Cabo

1.4 Detecção de falhas

Para que haja deteção de maus cravamentos é necessário que seja definido um conjunto de parâmetros para o sistema de monitorização, tais como a altura e largura do terminal depois de cravado e respetivas tolerâncias[11]. Outra maneira de comprovar se a ferramenta de cravar está a processar de forma eficiente e correta, é com a realização de uma análise micrográfica ao terminal, onde se poderá ver geometricamente o interior da aplicação e a sua simetria.

1.4.1 Garras do cobre

Numa análise minuciosa de um corte transversal de um terminal após cravamento, devem ambas a garras do terminal estar simetricamente alinhadas, comprimindo assim os vários multifilares constituintes do cabo, de maneira a que estes fiquem numa forma hexagonal e não existam espaços entre eles. A não existência de espaços entre os multifilares é importante por evitar a corrosão com o passar do tempo. Na Figura 2.9 pode-se verificar uma análise micrográfica de um cravamento bem efetuado.



Figura 2.9: Análise micrográfica de um cravamento considerado bom.

Após a obtenção de um cravamento, é necessário ter atenção à garantia de simetria entre as duas garras de conexão entre o fio e o terminal metálico. Como o processo de cravamento é efetivamente um processo onde existe uma variação natural derivado à expansão dos materiais após compressão, existem tolerâncias definidas de separação entre os bons e maus produtos, pois sem as mesmas seria difícil de atingir uma produção de acordo com as métricas produtivas da organização. De salientar que as tolerâncias são definidas em laboratório durante a validação dos produto, tendo sempre como diretiva máxima a proteção do cliente e como consequência a não existência de riscos de qualidade. Relacionado com o primeiro aspeto que é nomeadamente, a diferença entre as duas garras onde o limite máximo de desvio aceitável é que seja inferior à espessura das paredes do terminal (S). O segundo ponto-chave é a distância entre a parte inferior do terminal e a garra de cravamento mais próxima, é requerido que tem de ser no mínimo metade da espessura das paredes do terminal (Figura 2.10).

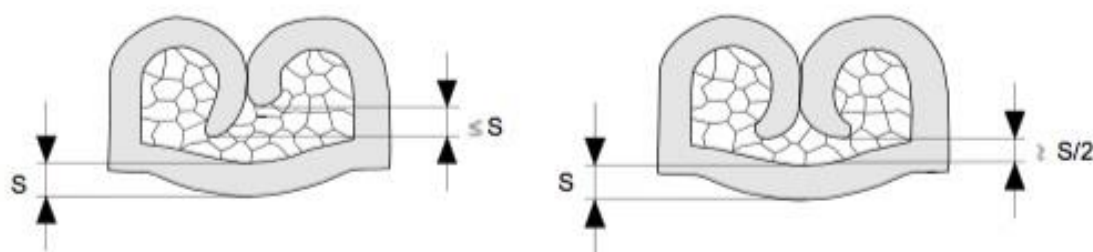


Figura 2.10: Tolerâncias de Cravamento[8]

Depois de realizados todos os passos anteriores, o próximo passo é a análise visual. Um exemplo é a verificação de que não existe isolamento plástico no interior das garras do cobre. Este erro específico tem impacto na condutividade elétrica da conexão e no desempenho mecânico, pois o isolamento comprimido junto dos multifilares terá um efeito lubrificante e como terá mais material dentro das garras do cobre esmagará efetivamente mais multifilares. Este efeito diminui a qualidade da conexão, e consequentemente diminui também o valor obtido no teste de tração. Adicionalmente os multifilares não devem ultrapassar a zona visível do fim das garras do cobre mais do que o definido nos requisitos. Dependendo sempre do desenho do terminal, existe efetivamente um valor de referência que é no máximo 1.0mm.

1.4.2 Cabeça do terminal

Para que a conexão com a caixa de conectores, seja feita de maneira correta é necessário que o terminal esteja intacto depois de cravado, sendo que este deverá estar alinhado com os punções de cravamento, sendo o limite de distorção de 5° tanto horizontal como vertical. Durante o processo de cravamento, as ferramentas e partes utilizadas para tal não podem sobre pretexto algum alterar a zona de conexão do terminal. Para garantir o alinhamento, existe uma parte de relevante

importância que é o suporte, pois é definido tendo em atenção o espaçamento entre a zona de conexão do terminal e a parte inferior das garras do cravamento do cobre.

1.4.3 Janela

Esta janela é um espaço existente entre as duas garras de cravamento, sendo fundamental para que o operador verifique se as especificações anteriores estão corretas. Neste ponto do terminal deverão ser visíveis 50% do isolamento, a fim de haver uma clara confirmação que o cravamento não foi efetuado com isolamento dentro da área de cravação do cobre, devendo nos restantes 50% da janela serem visíveis multifilares de cobre.

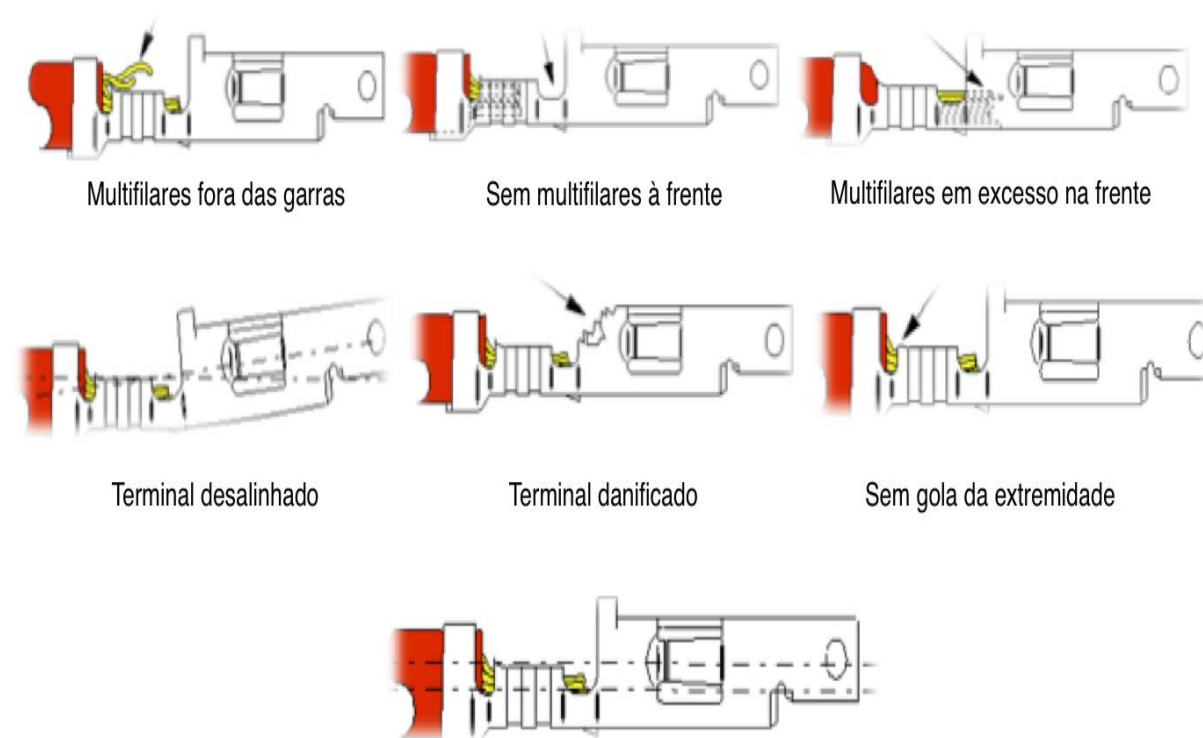


Figura 2.11: Ilustração de um bom e mau cravamento[10].

1.4.4 Garras do isolamento

As garras do isolamento são uma das partes importantes do processo pois estas irão dar um contributo para que o terminal não se solte do cabo mantendo a firmeza mas adicionalmente não danifique o isolamento nesse processo.

Estas deverão estar fixas ao isolamento, sem o danificar, mas com aperto suficiente para que o suporte de forma eficiente.

1.5 Árvores de Decisão

Um dos métodos de análise de dados na presente dissertação foram as árvores de decisão. Estas são amplamente utilizadas em estudos de diversas áreas[12], devido à simplicidade de implementação e compreensão enriquecedora dos resultados obtidos da mesma.

As árvores de decisão apresentam os resultados de forma recursiva[13] da raiz para as folhas, onde é possível visualizar o processo de decisão de um determinado item que é caracterizado por um conjunto de atributos. Estas são constituídas por nós e ramos[14], [15], sendo que cada ramo representa uma classe e os nós intermédios representam um teste, que pode envolver mais do que um atributo, podendo gerar novos ramos.

Para a elaboração de uma árvore de decisão[16], [17], será efetivamente necessário um conjunto de dados para que tenha lugar a fase de treino, existindo inerentemente uma aprendizagem da informação a analisar. A construção da árvore ocorre de forma iterativa, dividindo o conjunto de treino baseado no resultado de um teste a uma das suas variáveis, sendo que o processo de divisão ocorre de forma recursiva por cada ramo, e termina quando todas as classificações pertencerem à mesma classe.

Na imagem 2.12, está representado um exemplo de uma árvore de decisão, com os nós, inicial, intermédio e final, assim como as ramificações que possivelmente poderão ser geradas.

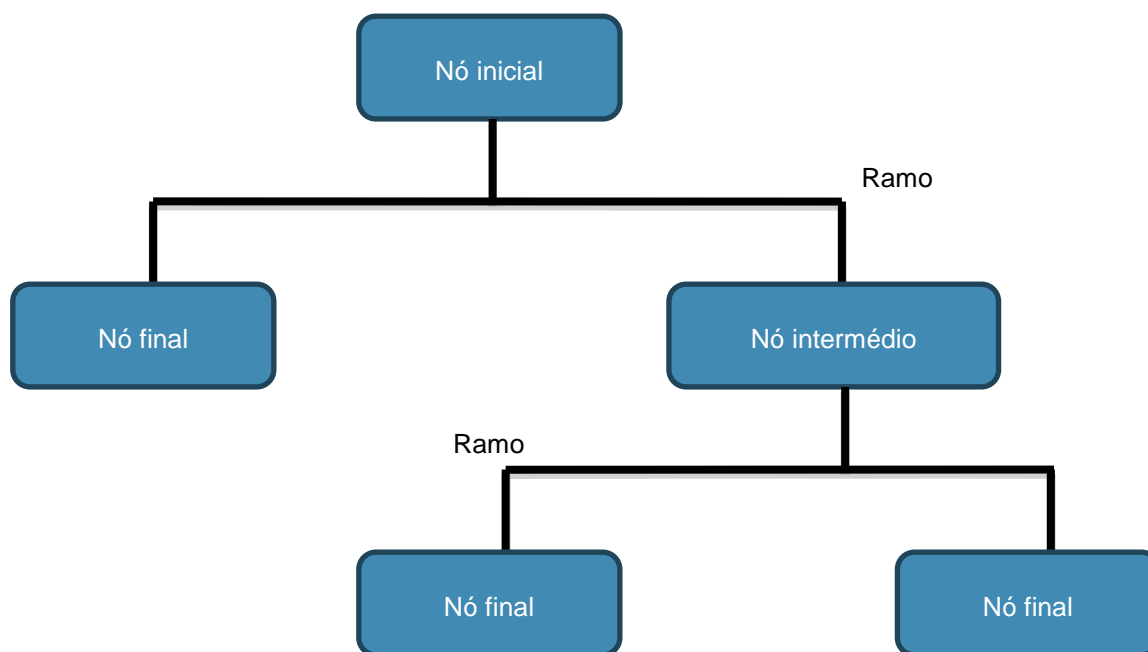


Figura 2.12: Lógica de uma árvore de decisão.

1.5.1 Construção de uma árvore de decisão

Sendo a árvore construída[18], [19] de forma recursiva os diversos nós são divididos consequentemente até que se chegue aos nós terminais[20]. Sendo o início da divisão na raiz tendo em atenção qual a melhor variável para usar no processo de divisão.

1.5.2 Vantagens da árvore de decisão

- Grande simplicidade na compreensão dos resultados gerados pela árvore[21].
- Fácil recursividade, para que seja possível entender o processo de obtenção do resultado final.
- Vasta gama de tipos de dados a serem operados, desde os categóricos aos numéricos.
- Capacidade de análise de grandes volumes de informação.

1.5.3 Desvantagens da árvore de decisão

- Sendo que estas operam por nós, a otimização dos resultados é baseado nos mesmos, não garantindo assim que o resultado final seja ótimo[21].

1.6 Plataforma Online

Uma plataforma Online nos dias de hoje é algo que permite um suporte imediato na maior parte dos problemas que nos aparecem na vida profissional, sendo assim uma ferramenta essencial. Está alocada em servidor, sendo depois acessível de qualquer computador ou outro dispositivo eletrónico a partir de um browser, não sendo assim necessária a instalação de software específico. Este tipo de tecnologia é uma grande vantagem empresarial, permitindo ao colaborador aceder aos seus dados em qualquer lugar sem ser necessário estar no seu computador habitual ou no seu posto de trabalho. Uma desvantagem deste tipo de tecnologia é a necessidade de utilização de diversas linguagens de programação para criar o ambiente Web pretendido, tais como o HTML, CSS e PHP, que são linguagens interpretadas.

O conceito geral de uma plataforma online baseia-se na centralização, existindo um servidor que contém todos os dados, sendo que os diversos clientes acedem à plataforma de diversos pontos, metodologia exemplificada na figura 2.13.

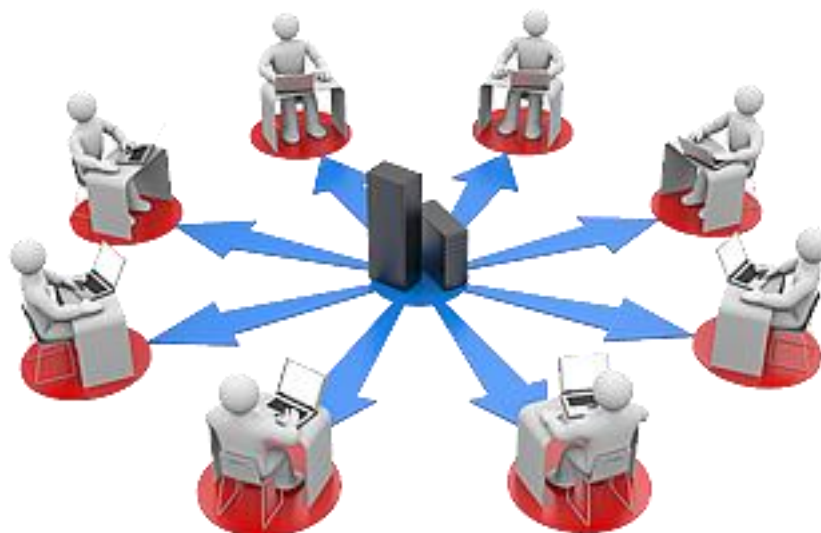


Figura 2.13: Exemplo de sistema centralizado[22].

1.6.1 Vantagens e desvantagens da plataforma Online

Uma das vantagens das plataformas online[22], é o facto de estas serem multiplataforma, ou seja podem ser acedidas através de qualquer sistema operativo, desde que estes tenham um browser com acesso à internet. Esta característica é o que torna este tipo de plataforma o mais utilizado hoje em dia, em detrimento de plataformas desktop.

Outra vantagem é a facilidade de manutenção. Por ser baseada num sistema centralizado, basta realizar a manutenção e atualização do sistema num único servidor e a estas terão repercussão imediata em todos os utilizadores. Constitui desta forma a integração de conhecimento num único ponto o que mitiga igualmente o nível de risco associado a atualizações de informação.

Uma das principais desvantagens é a sua vulnerabilidade. A disponibilização de informação *online* constitui um risco de segurança no acesso aos dados e privacidade dos utilizadores. Outra desvantagem é o facto de ser centralizada, caso o serviço esteja em baixo não será possível aceder à plataforma. Uma das razões poderá ser a sobrecarga de utilizadores num determinado período de tempo.

1.6.2 História da Internet

Inicialmente a internet era formada por diversas plataformas distintas[23], baseadas em arquiteturas diferentes, o que tornava complicada a tarefa de compatibilidade, existindo casos em que eram criadas diversas versões dos sites para estes serem compatíveis com os diversos browsers.

Em 1994, foi formada a W3C, que tinha como objetivo a standardização dos protocolos e tecnologias a serem utilizados na WEB, para que o conteúdo pudesse ser acedido com o recurso a qualquer browser. De salientar que o W3C inicialmente apenas fazia recomendações sobre as melhores práticas a aplicar.

Em 1998, foi lançada a versão 5 do Internet Explorer, que interpretava HTML dinâmico, obrigando os programadores WEB a saber 5 formas de escrever código JavaScript, tornando assim a programação de páginas WEB uma tarefa mais complexa.

Mais tarde em 2000, quando a Microsoft lançou o Internet Explorer v5 para Macintosh, este tornou-se no browser padrão, uma das razões que suportou tal situação foi a adoção de uma série de normas e padrões da W3C, tendo sido nomeadamente o primeiro a seguir algumas das padronizações utilizadas nos dias de hoje.

1.6.3 Linguagens de programação utilizadas no desenvolvimento

Para a elaboração de uma plataforma online existem diversas linguagens de programação. A escolha das linguagens a usar poderá ser feita por disponibilidade, por fiabilidade ou até por gosto de quem as utiliza. Algumas das linguagens mais utilizadas são o HTML, SQL ou PHP (Tabela 2.4).

Tabela 2.4: Linguagens de programação mais utilizadas em desenvolvimento.

Linguagem	Última versão	Ano de lançamento
PHP	5.6.9	2015
SQL	5.7.7	2015
HTML	5	2011

1.6.3.1 PHP

Esta linguagem apareceu em 1994, criada por Rasmus Lerdorf, tendo sido desenvolvida para substituir um conjunto de scripts que este usava na sua página pessoal. Esta linguagem é gratuita, o que abre as portas a uma maior utilização da mesma[24]–[26].

É usada do lado do servidor, sendo capaz de gerar conteúdo dinâmico. Sendo esta uma linguagem interpretada, esta atua do lado do servidor, que por sua vez vai gerar a página a ser apresentada ao utilizador.

```
<?php
while($row4 = mysql_fetch_array($result4)){
    if($row4['id_problem'] == $problem_identification){

        echo "<td align='center'> Your selected problem was: <br><br>" . $row4['description_problem'] . "<br></td>";

    }
}
?>
```

Figura 2.14: Exemplo da linguagem PHP.

1.6.3.2 SQL

A Linguagem SQL (Structured Query Language) é a linguagem mais utilizada para manipulação de bases de dados[27], [28].

A última versão foi lançada em 2005, sendo a sua origem na Suécia em 1980 criada por um grupo de três investigadores, David Axmark, Allan Larsson e Michael Wihistoria Denius^[28]. É um sistema que facilmente é integrado noutras linguagens de programação, estando entre as mais populares o C/C++, PHP, ASP, Python e Delphi. É um sistema robusto e com interfaces para várias plataformas (como por exemplo: Windows e Linux.).

```
USE [CP]
GO

SET ANSI_NULLS ON
GO

SET QUOTED_IDENTIFIER ON
GO

;CREATE TABLE [mdb].[Plant](
    [Idplant] [int] IDENTITY(1,1) NOT NULL,
    [Plantname] [nvarchar](50) NOT NULL,
    [Plantcountry] [nvarchar](50) NOT NULL,
    [Plantaddress] [nvarchar](150) NOT NULL,
    [Plantzipcode] [nvarchar](50) NOT NULL,
    CONSTRAINT [PK_Plant] PRIMARY KEY CLUSTERED
    (
        [Idplant] ASC
    )WITH (PAD_INDEX = OFF, STATISTICS_NORECOMPUTE = OFF, IGNORE_DUP_KEY = OFF, ALLOW_ROW_LOCKS = ON, ALLOW_PAGE_LOCKS = ON) ON
    [PRIMARY]
)
GO
```

Figura 2.15: Exemplo da linguagem SQL.

1.6.3.3 HTML

Nos anos 80 um físico de nome Tim Berners-Lee, funcionário no CERN, idealizou uma forma de vários cientistas partilharem documentos através da internet. Neste período a comunicação era feita através dos protocolos de FTP (File Transfer Protocol), sendo o correio eletrónico a principal ferramenta. Com este avanço o acesso a conteúdos passou a ser maioritariamente através deste tipo de linguagem, que se baseava no conceito de existir um servidor central onde estava armazenada a informação e que posteriormente seria descarregada para o computador local quando necessário, através de um Browser[29]–[31].

O HTML (Hyper Text Markup Language)[29] é uma linguagem de programação por etiquetas. Esta linguagem utiliza um conjunto de etiquetas que identificam o tipo de conteúdo a ser apresentado, sendo estas envoltas por parênteses angulares. Sempre que se fecha um comando a etiqueta é anteceda por “/”.

```
<body>
  <table align="center" width="700px" height="500px" border="5" bgcolor="white">
    <tr height="500">
      <td align="center">
        <br>
        <p>welcome to the delphi help crimping system, here we gone help you in the most sistematic erros with examples and solutions.</p>
        <br>
      </td>
    </tr>
    <tr>
      <td align="center">
        <br>
        <p></p>
        <br>
      </td>
    </tr>
  </table>
  <br>
</body>
```

Figura 2.16: Exemplo da linguagem HTML.

3. Trabalho desenvolvido

Este trabalho consistiu num estudo dos ficheiros gerados pelas máquinas automáticas de corte e cravamento de cabos elétricos, de forma a melhorar a produtividade fabril, sendo que estes ficheiros contêm dados, tais como o lado de cravamento, hora de produção, número da máquina em que foi produzido e quantidade de bons e maus cravamentos.

Para que no futuro se possa ter acesso à informação estudada, foi realizada uma plataforma online, onde é possível consultar para cada um dos problemas encontrados durante o estudo a possível solução, bem com a causa.

Para realizar este estudo foram realizados uma série de programas em diversas linguagens para a interpretação dos dados provenientes dos ficheiros gerados por 21 máquinas, durante uma semana de produção. Cada uma destas máquinas gera um ficheiro de nome Producti.sdc, por cada dia de produção com informação estatística sobre a sua produtividade.

1.7 Importação dos Ficheiros estatísticos

Para importar os ficheiros estatísticos e prepará-los para uma posterior análise dos 10 terminais mais problemáticos, foi criado um programa em VBA, denominado de CPAT (Crimp Performance Analyzer Tool). Este programa permitiu percorrer o ficheiro estatístico tal como representado na figura 3.17, retirando vários dados, tais como: o "DateTimeStamp", que nos dá a hora e a data do momento em que a ação de cravamento foi realizada;"TerminalEnd#" que nos dá o lado da máquina em que foi cravado, sendo que a mesma possui dois lados; e um terceiro parâmetro é se este foi bem ou mau cravado.

```

[ProductionTerminated]
DateTimeStamp=11/05/2015,07:09:06
ArticleKey=F142MPLA 207
Job=F142MPLA 207, 1256
UserName=operadores
ProductionRequestedPieces=28
TotalGoodPieces=28

[Counter]
DateTimeStamp=11/05/2015,07:09:06
Wire=M3232361, 18941885, 18496270
Terminal=33502051+FLRY-B, 34, 28
Terminal=15470518+FLRY-B, 33, 28

[QualityParameters]
DateTimeStamp=11/05/2015,07:09:06
Terminal=33502051+FLRY-B, 70, 100, 50, 100, 80, 80
Terminal=15470518+FLRY-B, 70, 100, 50, 100, 80, 80

[MeasurementsLeadSet1]
DateTimeStamp=11/05/2015,07:09:06
TerminalEnd1=2, TRUE, 20
TerminalEnd1=2, TRUE, 14
TerminalEnd1=3, TRUE, -16

```

Figura 3.17: Exemplo de um ficheiro Producti.sdc

1.7.1 Linguagem de programação

Para a importação automática dos dados foi necessário elaborar uma aplicação em Visual Basic for Applications (VBA). Esta aplicação permitiu que os dados contidos no ficheiro estatístico fossem importados para um ficheiro Excel. Adicionalmente, possibilitou a manipulação dos dados a fim de se obter uma melhor organização, permitindo desta forma uma melhor interpretação e análise dos mesmos. Esta aplicação permitiu também criar um relatório detalhado com gráficos e tabelas de informação compilada.

O Visual Basic for Applications é uma linguagem de programação semelhante ao Visual Basic, no entanto só pode ser utilizada dentro da aplicação onde for concebida. Sendo uma linguagem bastante flexível, permite efetuar diversas operações, sendo possível a elaboração de um ambiente gráfico de forma a ser mais fácil a sua utilização e interpretação para o utilizador comum. Na figura 3.18 é possível ver um exemplo do ambiente de programação em VBA.

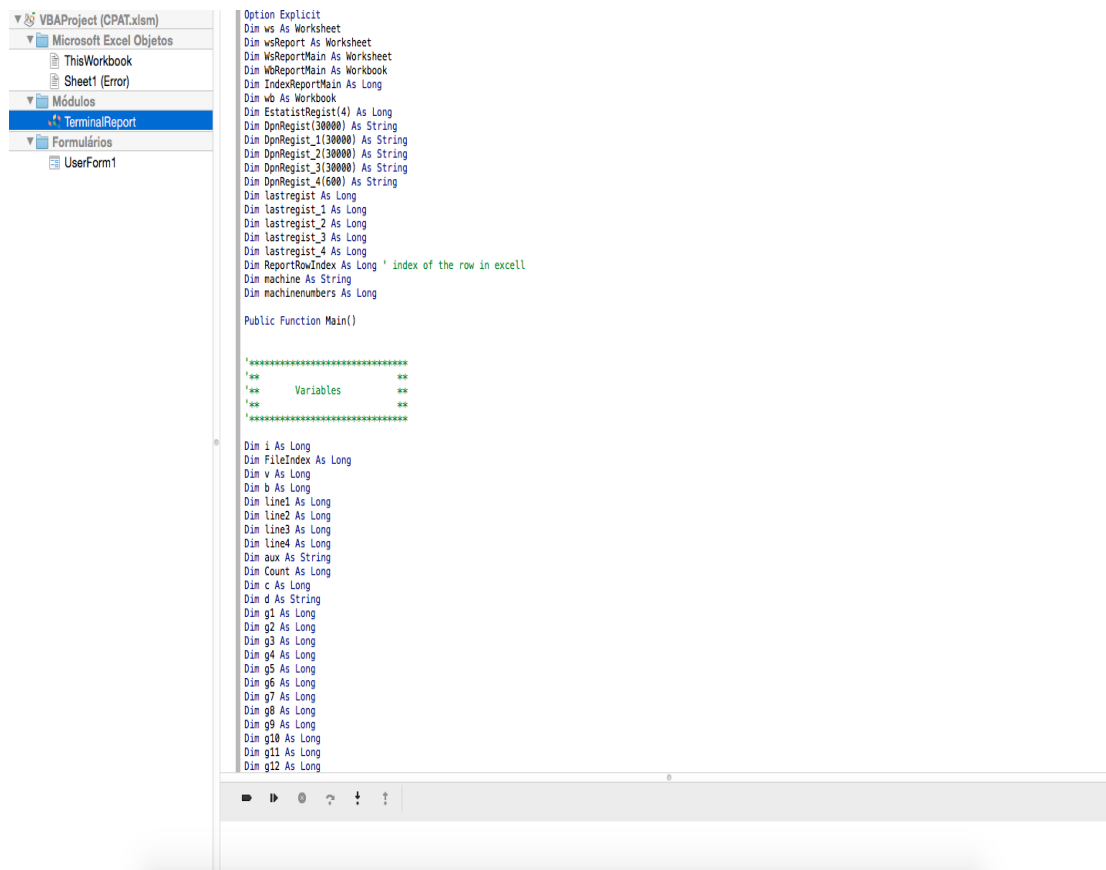


Figura 3.18:Exemplo do ambiente de programação em VBA.

1.7.2 Esquema lógico do programa de importação

Para a correta interpretação do problema analisado e definir os passos inerentes à criação do programa de importação e dados provenientes das máquinas, recorreu-se à elaboração de um fluxograma com o intuito de esquematizar todo o processo de importação, figura 3.19.

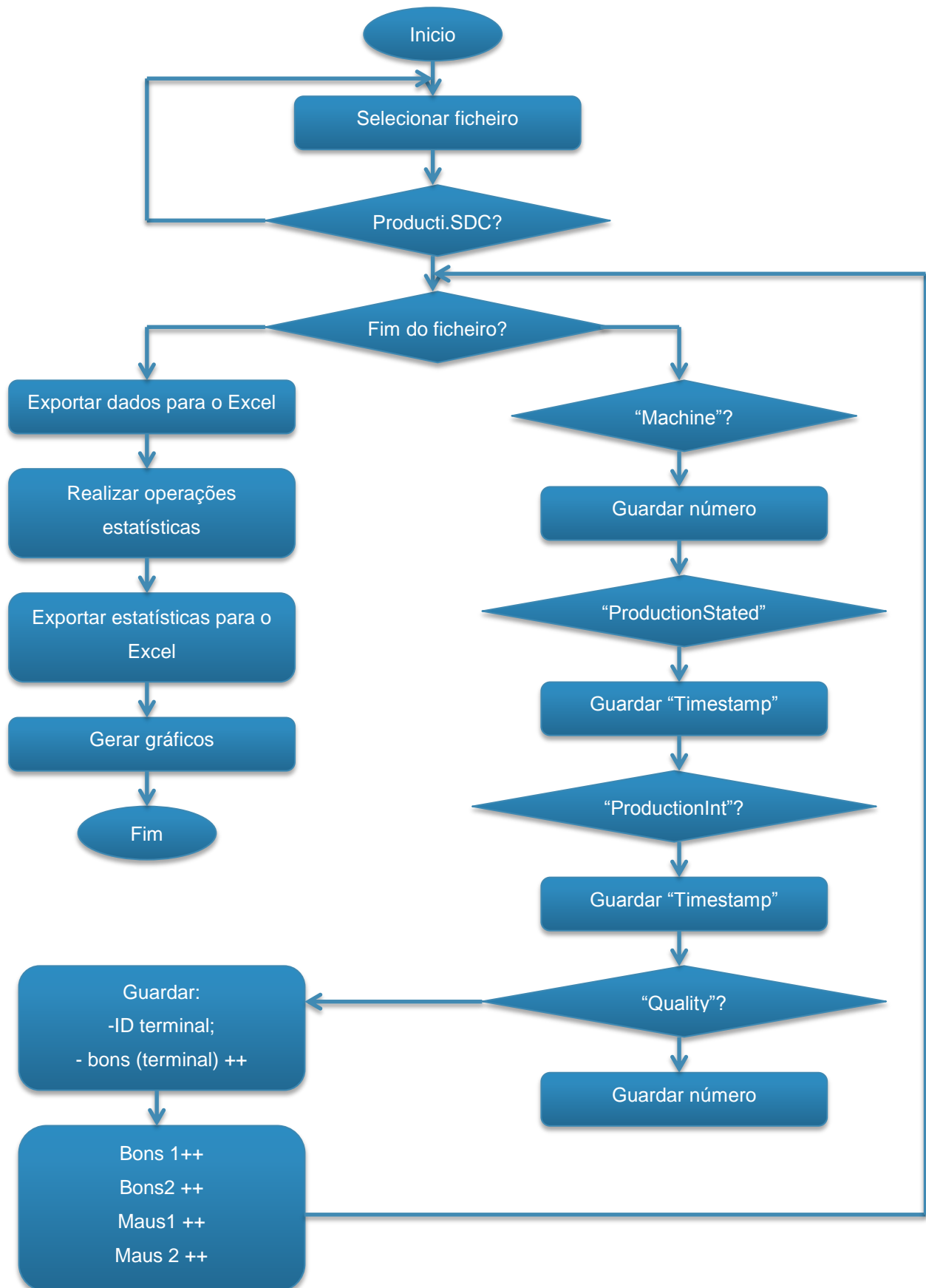


Figura 3.19: Esquema lógico programa de importação.

1.8 Análise dos 10 terminais mais críticos dos Ficheiros estatísticos

Após a importação e estruturação dos dados provenientes dos ficheiros estatísticos, o objetivo foi elaborar uma análise dos 10 terminais mais problemáticos, tanto a nível geral da Europa, como ao nível de cada fábrica. Em cada uma das unidades de produção foi executada uma análise ainda mais profunda, ao nível de cada uma das máquinas.

Com esta análise é possível verificar a partir dos terminais com maior nível de desperdício, identificando quais são realmente os problemas mais frequentes, de modo a que seja possível elaborar ações de prevenção

Com esta tipologia de investigação, consegue-se ter uma visão holística do processo de cravamento no interior da organização. Fundamentando os planos de intervenção de melhoria contínua com os pontos críticos onde efetivamente se deve atuar de modo a aumentar a eficiência produtiva, seja na redução do número de paragens das máquinas seja na redução efetiva de desperdícios de matéria-prima.

Na imagem 3.20 é possível ver um exemplo de uma análise dos 10 terminais mais críticos, organizados pelo número de bons cravamentos realizados numa fábrica durante a semana de estudo.

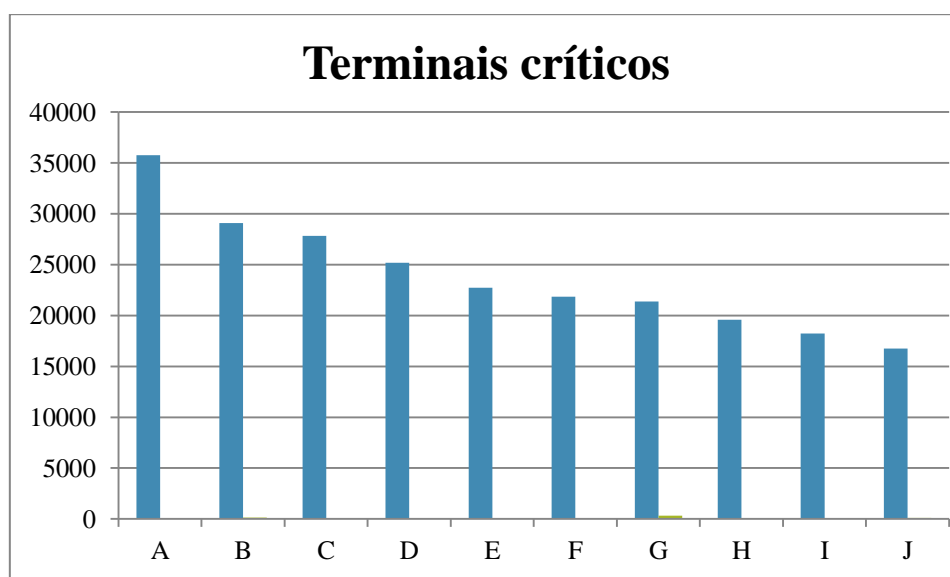


Figura 3.20: Exemplo de uma análise dos 10 terminais mais críticos.

1.9 Árvore de decisão

Uma árvore de decisão é formada por um conjunto de nós de decisão, que permitem classificar casos de estudo consoante os seus atributos. Para a construção de uma árvore de decisão é necessário um conjunto de treino, onde cada registo é composto por um conjunto de atributos e respetiva classificação.

As variáveis estudadas para a construção da árvore de decisão foram:

- Identificação dos terminais a serem utilizados, sendo que cada um deles é único para um tipo de terminal.
- hora a que estes foram produzidos, sendo que foram divididos em frações de 15 minutos para uma melhor depuração dos erros.
- qualidade do Cravamento, ou seja se este foi processado com sucesso ou se houve um erro aquando o seu processamento,
- lado da máquina em que o mesmo foi produzido, ou seja lado 1 ou 2
- dia da semana em que ocorreu,
- tipo de fio
- máquina onde este foi produzido.

1.9.1 Definição e seleção da linguagem de programação

Para a construção da árvore de decisão foi necessário elaborar uma aplicação em MatLab, que conseguisse importar os dados do ficheiro Excel anteriormente criado.

O MatLab é um software de análise matemática, que permite a realização de cálculos matemáticos e a representação gráfica dos mesmos. Permite a instalação de diversas toolboxes, que permitem executar um sem número de tarefas relacionadas com a engenharia, o que podendo assim serem analisados dados que à partida parecem complexos e sem associação entre eles.

Na presente dissertação foi utilizada a statistics toolbox, que nos permitiu através dos dados importados do Excel construir a árvore de decisão. Na figura 3.21, é possível ver o ambiente de programação no programa MatLab.

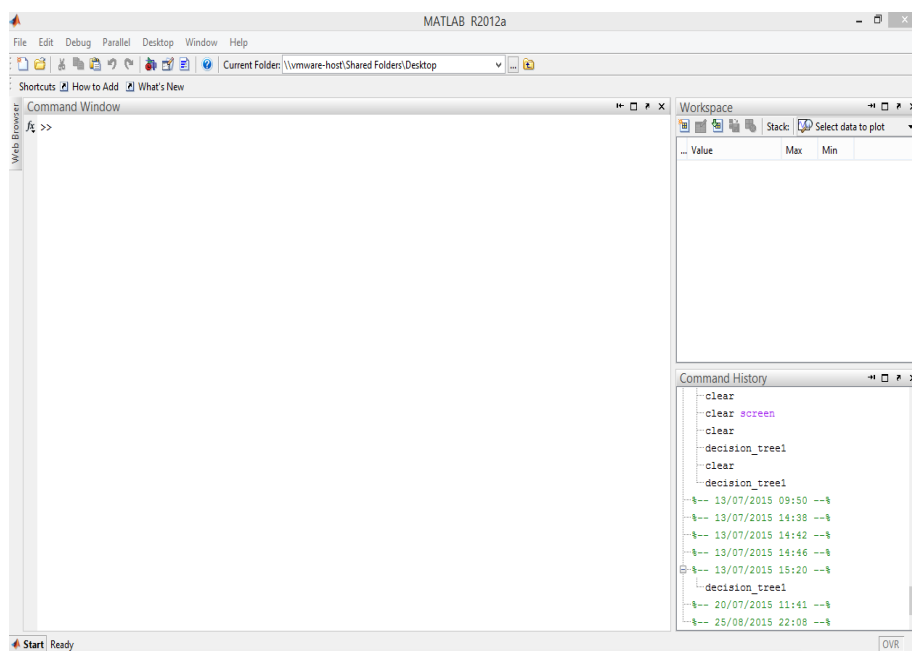


Figura 3.21: Exemplo do ambiente de programação em MatLab.

1.9.2 Esquema lógico do programa de criação da árvore de decisão

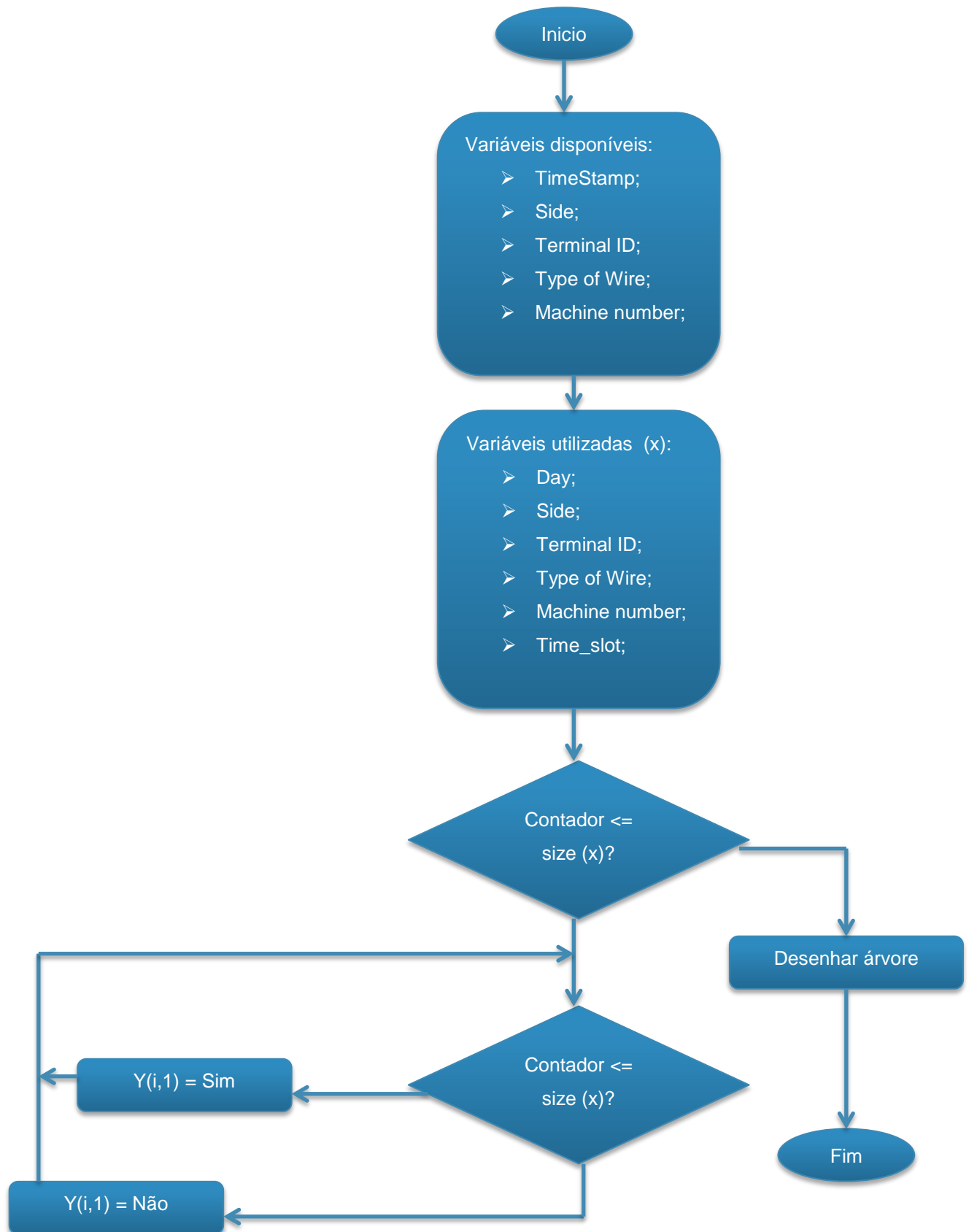


Figura 3.22: Esquema lógico árvore de decisão em MatLab.

1.10 Plataforma Online

Para construir a plataforma tornou-se necessário o recurso a diversas linguagens de programação, nomeadamente, HTML, PHP e SQL.

1.10.1 Base de dados

A plataforma está suportada numa base de dados, na qual foram criadas 5 tabelas, sendo elas “Problemas”, “Causas”, “Soluções”, “Registo” e “Utilizadores”, tal como é demonstrado na figura 3.23. Na tabela Problemas, estão registados os problemas já conhecidos, que foram previamente estudados. Para cada problema existe uma lista de possíveis causas que estão registadas na tabela Causas, tais como caso o isolamento seja cravado nas garras do cobre, a causa para esse problema poderá ser o mau posicionamento do fio. Às causas estão associadas soluções que estão registadas na tabela Soluções, que para o problema anterior seria o ajuste da ferramenta. A tabela Registo é onde ficarão os registos de problemas submetidos pelos utilizadores. Na tabela Utilizadores estarão registados os utilizadores que poderão fazer alterações às tabelas descritas anteriormente.

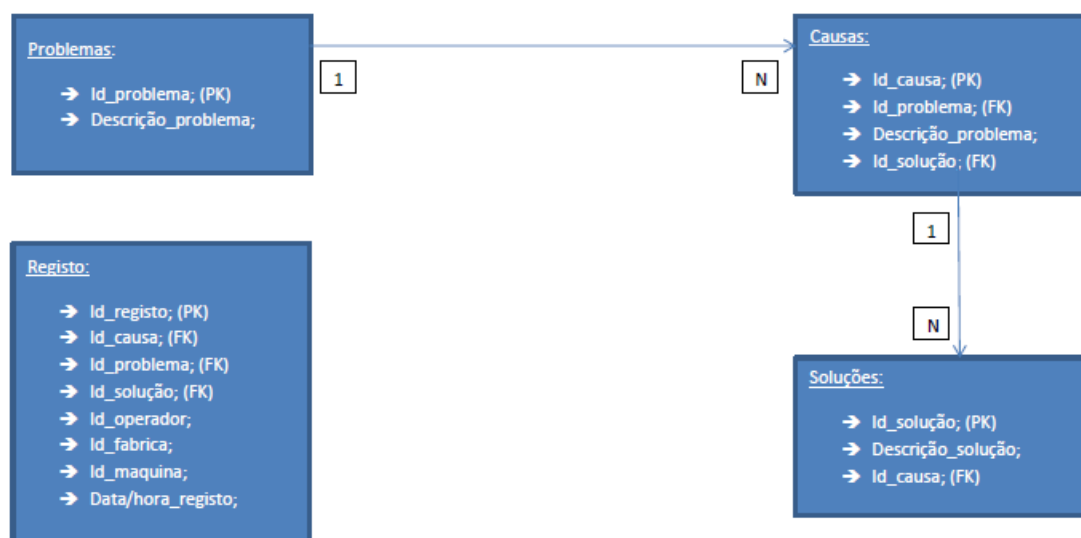


Figura 3.23: Diagrama de entidades e relacionamentos da plataforma online.

1.10.2 Arquitetura

A arquitetura da plataforma está dividida nas suas diversas funcionalidade, tais como a de criação de um novo problema, de forma a que este fique registado na tabela de registo, ou caso o problema já tenha sido reportado, este possa ser atualizado com a causa de forma a que seja possível verificar qual a solução. Figura 3.24.

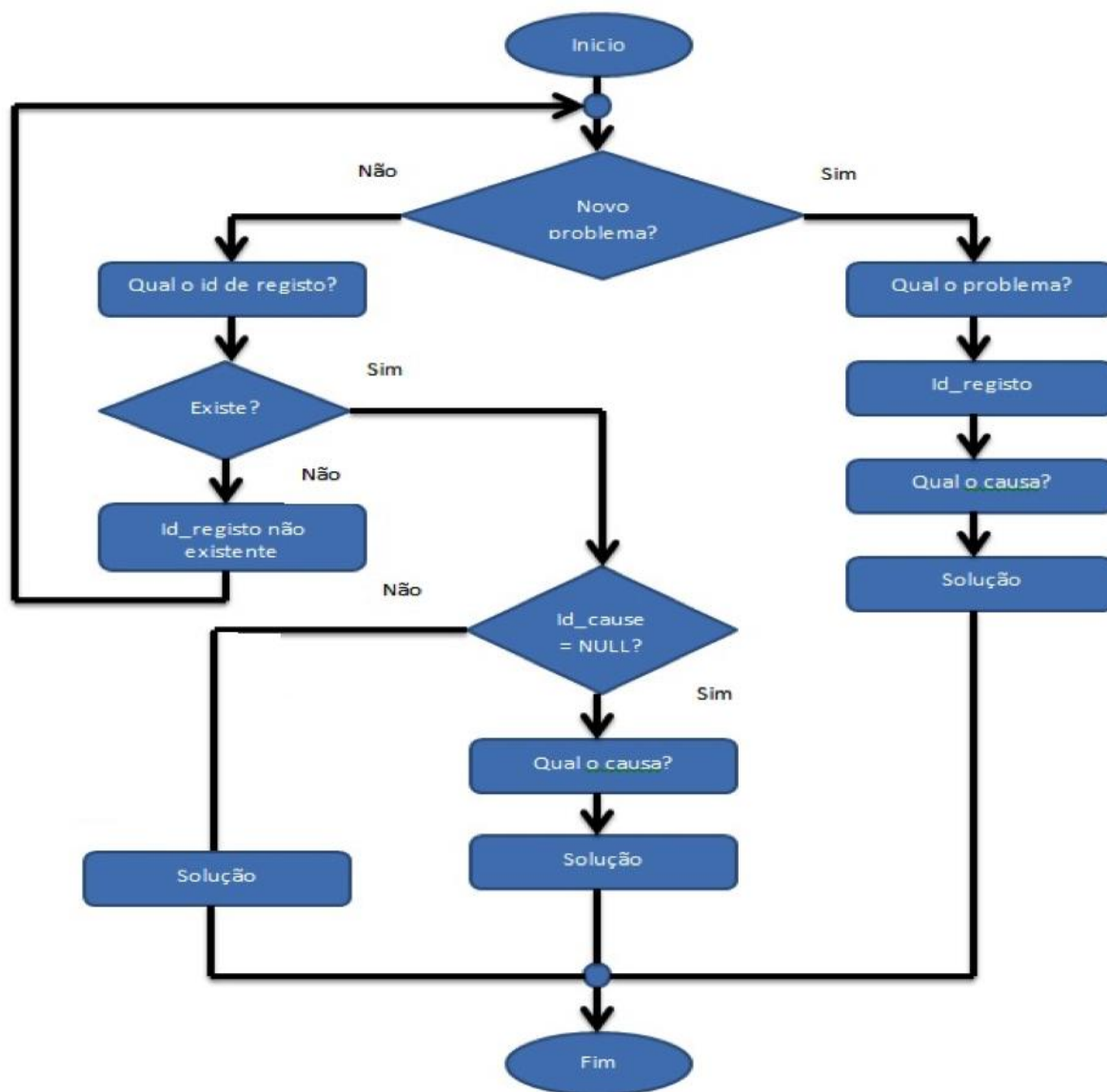


Figura 3.24: Esquema lógico da plataforma online.

No caso de o utilizador ser administrador da plataforma, terá então a possibilidade de adicionar novos dados às tabelas de Problemas, Causas e Soluções, bem como poderá fazer a gestão da sua conta pessoal, tal como é sequenciado na Figura 3.52.

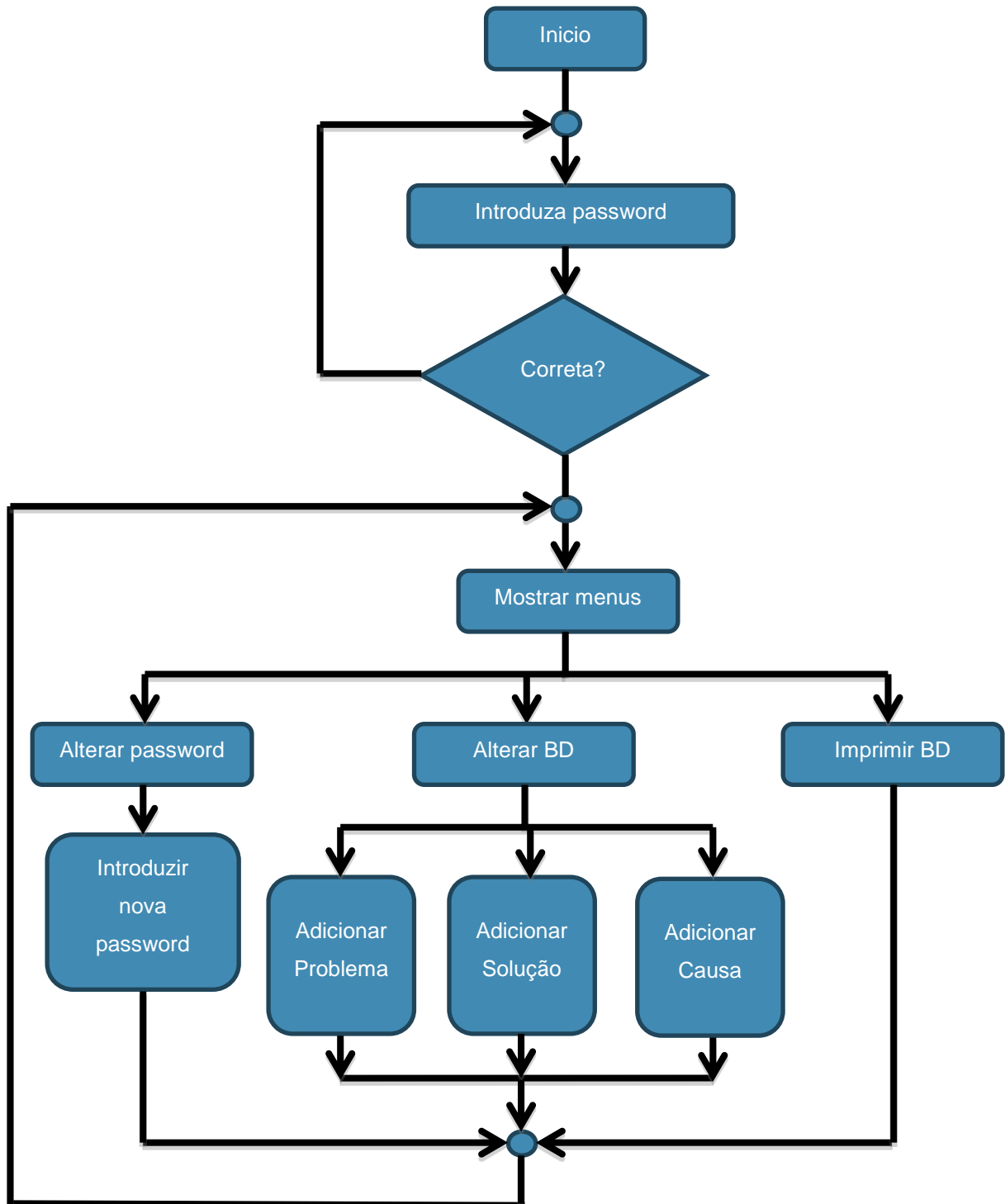


Figura 3.25: Esquema lógico de administrador da plataforma online.

4. Análise e discussão dos resultados

Os ficheiros estatísticos a serem importados na presente dissertação foram recolhidos de uma fábrica que opera no modo “*Just in Time*”, por forma a abranger uma gama alargada de terminais. Deste modo foram analisados cerca de 1006 tipos de terminais diferentes, sendo estes de baixa, média e alta secção.

Primeiramente foram analisados os ficheiros estatísticos provenientes da fábrica, usando para o efeito o programa em VBA, com a finalidade de os importar para uma folha de Excel.

Numa fase posterior foi realizada uma análise dos 20 terminais mais críticos.

1.11 Importação dos ficheiros estatísticos

Devido à elevada quantidade de dados a analisar o programa em VBA que faz importação dos dados contidos nos ficheiros *.SDC, bem como a análise do volume de desperdício de acordo com o produzido por cada uma das máquinas e da fábrica em geral, foi de elevada importância. Na Figura 4.26 é demonstrado o ambiente do programa realizado para a importação dos dados.

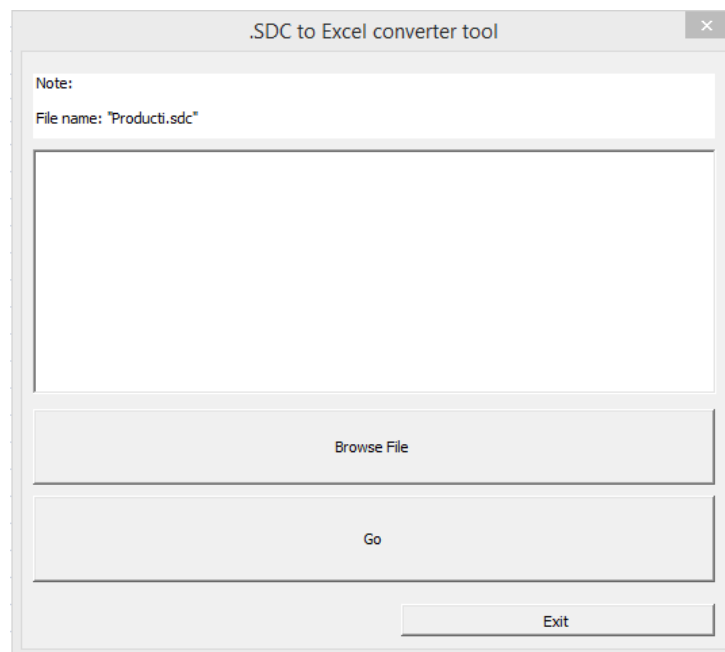


Figura 4.26: Programa de importação dos dados estáticos.

Para importar os dados dos Ficheiros *.SDC é necessário que os ficheiros tenham o nome Producti.sdc. O utilizador terá de clicar sobre o botão “Browse File”, que irá abrir uma janela onde é possível indicar a localização do ficheiro a ser importado, sendo apresentado na caixa por cima do botão. Depois de selecionado o ficheiro a analisar, o utilizador terá de pressionar o botão “Go” para que a aplicação faça a importação dos dados para uma folha Excel, tal como demonstrado na figura 4.27.

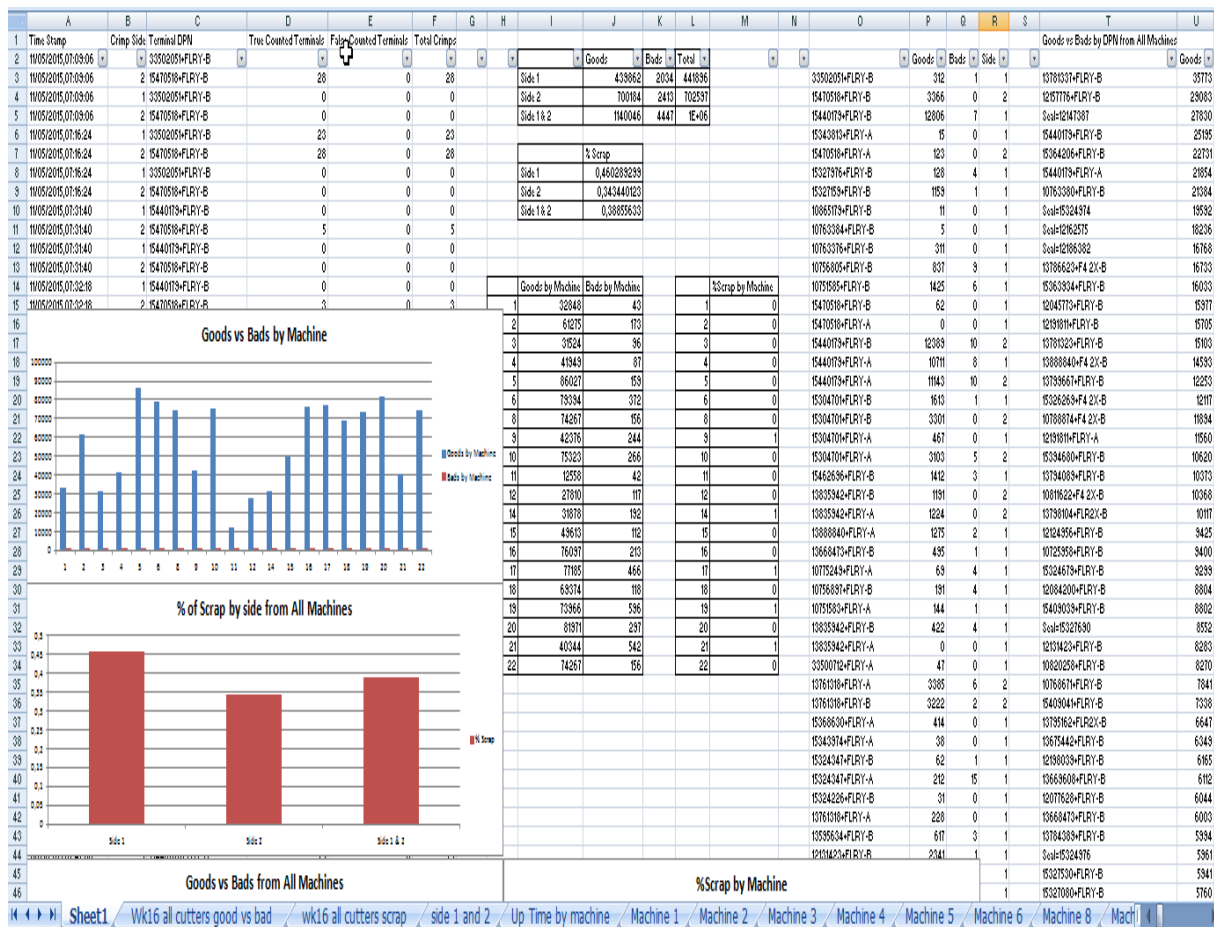


Figura 4.27: Excel após importação do ficheiro estatístico.

O ficheiro Excel é alimentado com os dados analisados, onde numa primeira folha os mesmos são compilados gerando informação estatística. Alimentados pela mesma informação são adicionalmente gerados gráficos a fim de facilitar a interpretação dos dados analisados. Esta análise é composta não somente pela informação de cada máquina mas sim também pelo parque completo de máquinas, ou seja de toda a unidade de fabrico, dependendo do desejo do analista, pode-se ter diferentes níveis de análise, um micro, (por máquina) e um outro mais macro (toda a unidade de fabrico).

Posteriormente, devido à grande quantidade de dados, o programa organiza a informação em diversas folhas de acordo com o número da máquina. Esta ação providencia uma maior facilidade de leitura e interpretação dos dados, tal como demonstrado na Figura 4.28.

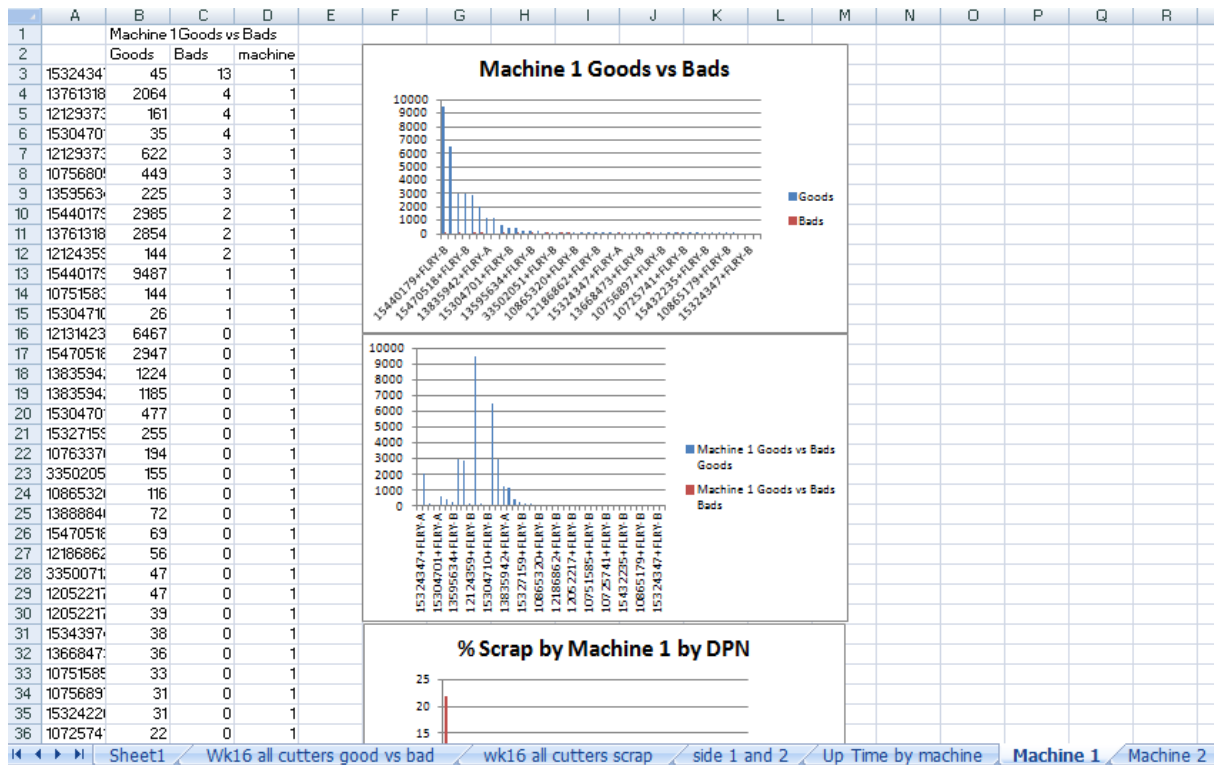


Figura 4.28: Folha da máquina 1 do Excel com os dados estatísticos.

Na folha “Machine 1” é possível ver a informação importada relativa à máquina 1. De forma a facilitar a sua interpretação a informação é também representada em gráficos.

1.12 Análise dos ficheiros estatísticos

Depois de importados todos os dados e criado o Excel com os mesmos, o passo seguinte foi a análise ABC dos terminais que apresentavam mais problemas. Foram realizadas dois tipos de análises: por máquina e da fábrica em geral.

Dentro de cada uma das análises feitas, foram verificados dois pontos, o nível de percentagem de desperdício, e o número de cravamento mal efetuados, que causam paragens nas máquinas, sendo o problema do número de paragens tendencialmente mais problemático, não existe produção aquando a máquina não está em funcionamento.

1.12.1 Fábrica

Foram analisados os terminais mais problemáticos da fábrica, pois estes são dispendiosos não só em material desperdiçado, mas também em custo de mão-de-obra para a produção dos mesmos. Um erro tem sempre um custo associado, que inclui o próprio erro e também o custo de o voltar a produzir de forma correta.

Inicialmente foi verificado quais as máquinas que mais desperdícios tinham, tal como demonstrado na Figura 4.29.

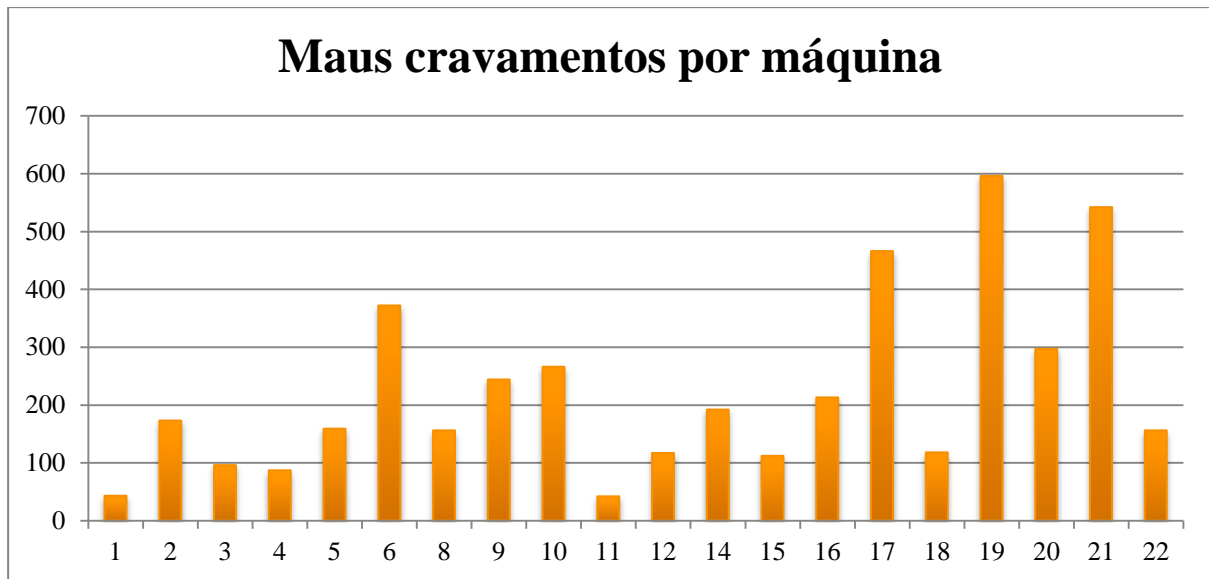


Figura 4.29: Número de maus cravamentos por máquina.

Para uma análise mais aprofundada verificou-se o número de desperdício em percentagem de cada uma das máquinas individualmente, tal como demonstrado na Figura 4.30.

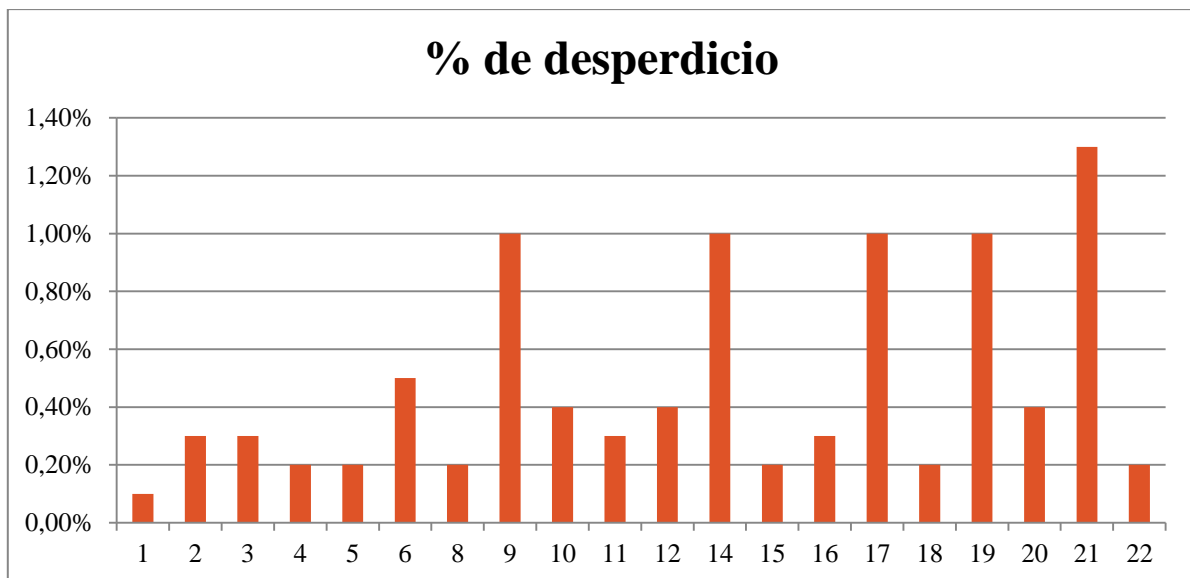


Figura 4.30: Percentagem de desperdício por máquina.

Neste gráfico é possível verificar que existem cinco máquinas, 9, 14, 17, 19 e 21, que têm um desperdício a rondar 1%, possivelmente tratando-se desta forma de máquinas problemáticas.

Na tabela 4.5 encontra-se a informação que suporta os gráficos acima representados, podendo-se assim confirmar que as máquinas 9, 14, 17, 19 e 21 têm efetivamente um desperdício de 1%.

Tabela 4.5: Estatística da fábrica por máquina.

Máquina	Maus cravamentos	% De desperdício
1	43	0,1%
2	173	0,3%
3	96	0,3%
4	87	0,2%
5	159	0,2%
6	372	0,5%
8	156	0,2%
9	244	1,0%
10	266	0,4%
11	42	0,3%
12	117	0,4%
14	192	1,0%
15	112	0,2%
16	213	0,3%
17	466	1,0%
18	118	0,2%
19	596	1,0%
20	297	0,4%
21	542	1,3%
22	156	0,2%

1.12.2 Máquina 9

Para aprofundar ainda mais as razões para o valor de desperdício da máquina 9 foi realizado um estudo em relação aos terminais mais problemáticos nesta máquina, para que se pudesse atuar na solução destes problemas.

De acordo com o gráfico representado na Figura 4.31, que ilustra o Top 20 dos terminais mais críticos, podemos verificar que o terminal A, é o que mais paragens provoca na máquina 9.

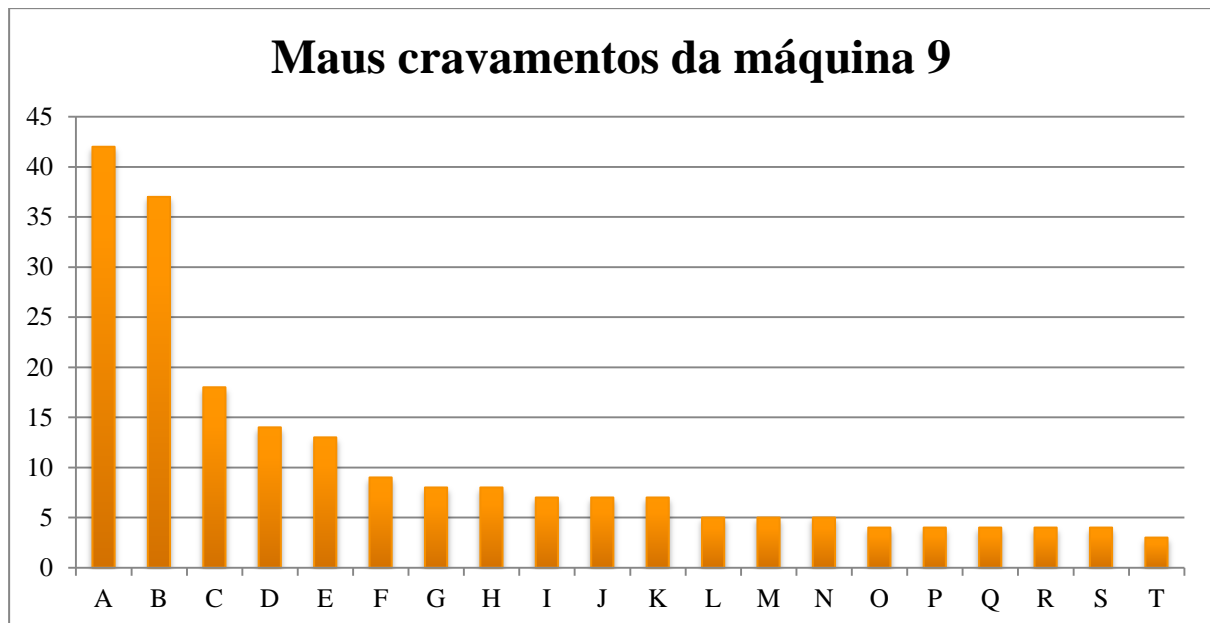


Figura 4.31: Maus cravamentos da máquina 9.

Como podemos verificar na Figura 4.32, o terminal A que tem um maior número de cravamentos efetuados mal, não é o que gera uma maior percentagem de desperdício, mas sim o terminal S tornando-se assim também num terminal problemático que necessita de ser verificado. No caso do terminal S, podemos ainda constatar que o nível de desperdício é de 100%, não tendo assim realizado qualquer tipo de cravamento que fosse considerado bom.

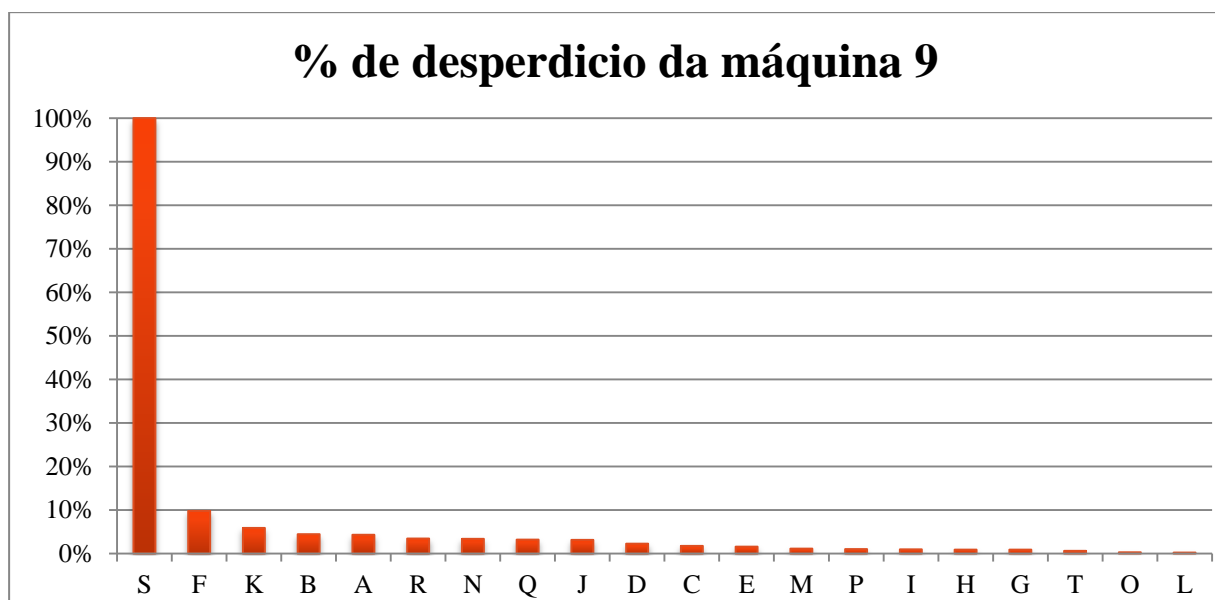


Figura 4.32: Percentagem de desperdício da máquina 9.

Na tabela 4.6 encontra-se a informação que suporta os gráficos acima representados, podendo-se desta forma constatar que o terminal A é o que tem o maior número de maus cravamentos, com 42, e o terminal S é o que tem uma maior percentagem de desperdício, com 100%.

Tabela 4.6: Estatística da máquina 9.

Terminal	Número de maus cravamentos	% de desperdício
A	42	4%
B	37	4%
C	18	2%
D	14	2%
E	13	2%
F	9	10%
G	8	1%
H	8	1%
I	7	1%
J	7	3%
K	7	6%
L	5	0%
M	5	1%
N	5	3%
O	4	0%
P	4	1%
Q	4	3%
R	4	3%
S	4	100%
T	3	1%

1.12.3 Máquina 14

Tal como na máquina 9, foi realizado um estudo para averiguar quais os terminais mais problemáticos na máquina 14.

De acordo com a figura 4.33, podemos constatar que o terminal A é o que contém o maior número de cravamentos mal efetuados.

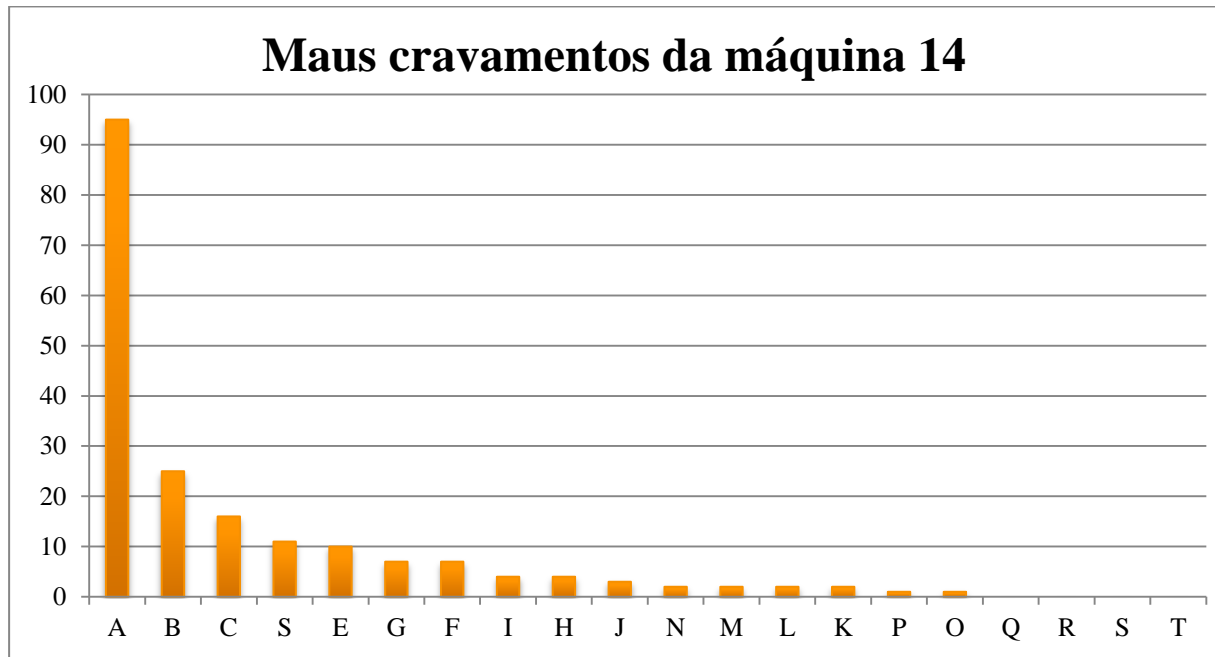


Figura 4.33: Maus cravamentos da máquina 14.

Tal como sucedeu na máquina 9, o terminal que tem o maior número de maus cravamentos não é o mesmo que tem a maior percentagem de desperdício. No caso do terminal N, podemos constatar que tem uma percentagem de desperdício a rondar os 28%, tal como é como ilustrado na Figura 4.34.

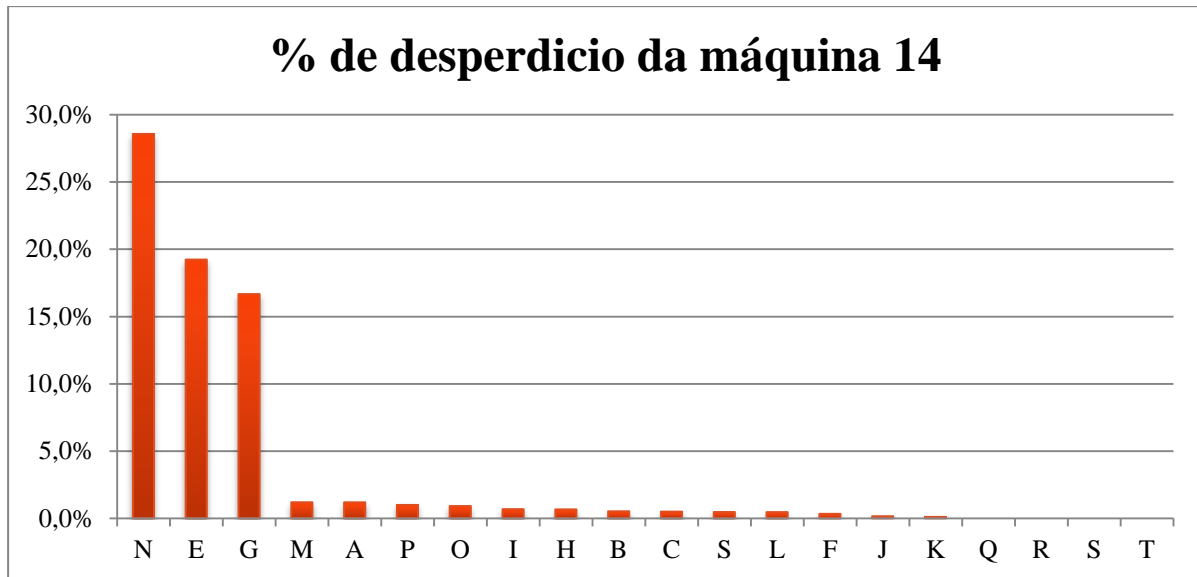


Figura 4.34: Percentagem de desperdício da máquina 14.

Na tabela 4.7 encontra-se a informação que suporta os gráficos acima representados, podendo assim confirmar que o terminal A é o que tem o maior número de maus cravamentos, com 95, e o terminal N é o que tem uma maior percentagem de desperdício, com 100%.

Tabela 4.7: Estatística da máquina 14.

Terminal	Número de maus cravamentos	% de desperdício
A	95	1,2%
B	25	0,5%
C	16	0,5%
E	11	19,2%
F	10	0,3%
G	7	16,7%
H	7	0,7%
I	4	0,7%
J	4	0,2%
K	3	0,1%
L	2	0,5%
M	2	1,2%
N	2	28,6%
O	2	0,9%
P	1	1,0%

Q	1	0,0%
R	0	0,0%
S	0	0,5%
S	0	0,0%
T	0	0,0%

1.12.4 Máquina 17

Tal como na máquina 14 e na 9, foi realizado um estudo para averiguar quais os terminais mais problemáticos.

De acordo com a figura 4.35, podemos constatar que o terminal A é o que contém o maior número de maus.

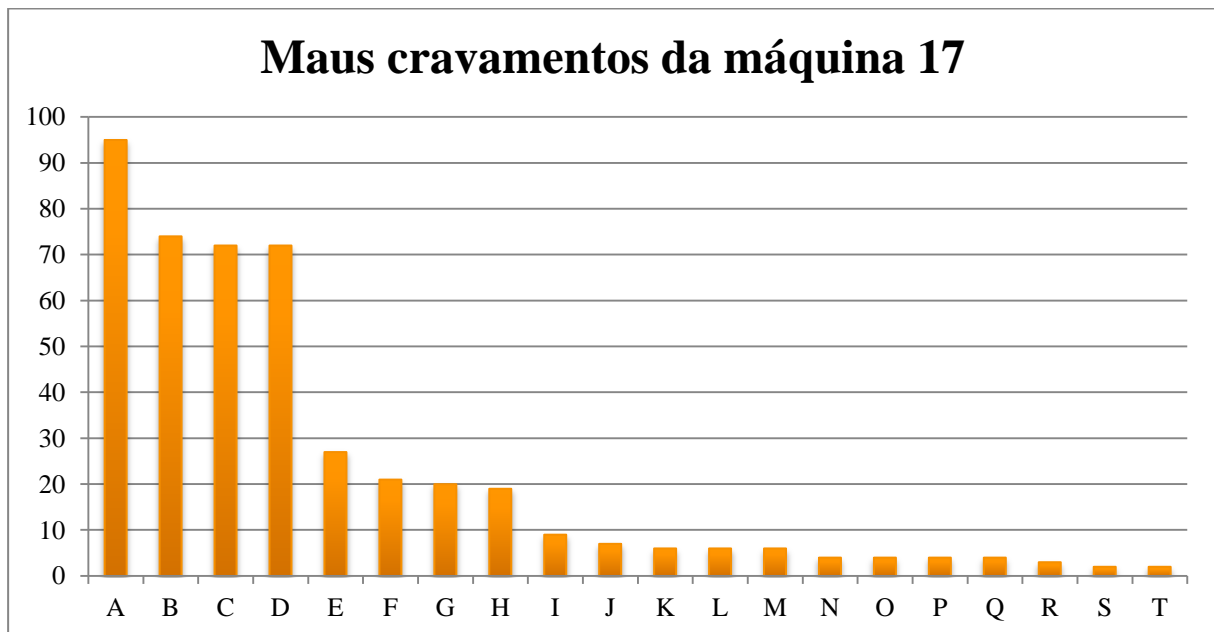


Figura 4.35: Maus cravamentos da máquina 17.

Como podemos também verificar na Figura 4.36, o terminal A que tem um maior número de maus cravamentos, sendo o mesmo que tem a maior percentagem de desperdício. No caso do terminal A, podemos ainda constatar que o nível de desperdício é de 44%.

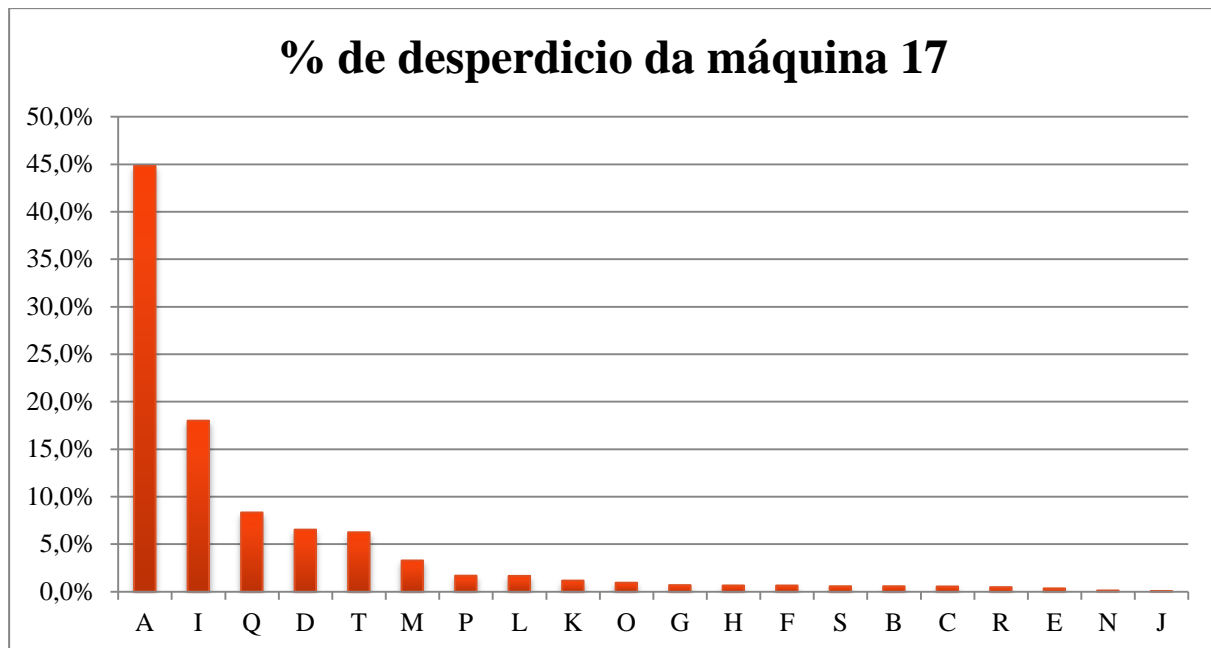


Figura 4.36: Percentagem de desperdício da máquina 17.

Na tabela 4.8 encontra-se a informação que suporta os gráficos acima representados, tendo desta forma a confirmação que o terminal A é o que tem o maior número de maus cravamentos, com cerca de 95, tendo o mesmo uma percentagem de desperdício de 44%.

Tabela 4.8: Estatística da máquina 17.

Terminal	Número de maus cravamentos	% de desperdício
A	95	44,8%
B	74	0,6%
C	72	0,5%
E	72	6,5%
F	27	0,3%
G	21	0,6%
H	20	0,7%
I	19	0,6%
J	9	18,0%
K	7	0,1%
L	6	1,2%
M	6	1,7%
N	6	3,3%
O	4	0,1%
P	4	0,9%

Q	4	1,7%
R	4	8,3%
S	3	0,5%
S	2	0,6%
T	2	6,3%

1.12.5 Máquina 19

Também na máquina 19 foi elaborada a mesma análise como o foi nas máquinas anteriores. De acordo com a figura 4.37, podemos constatar que o terminal A é o que contém o maior número de maus.

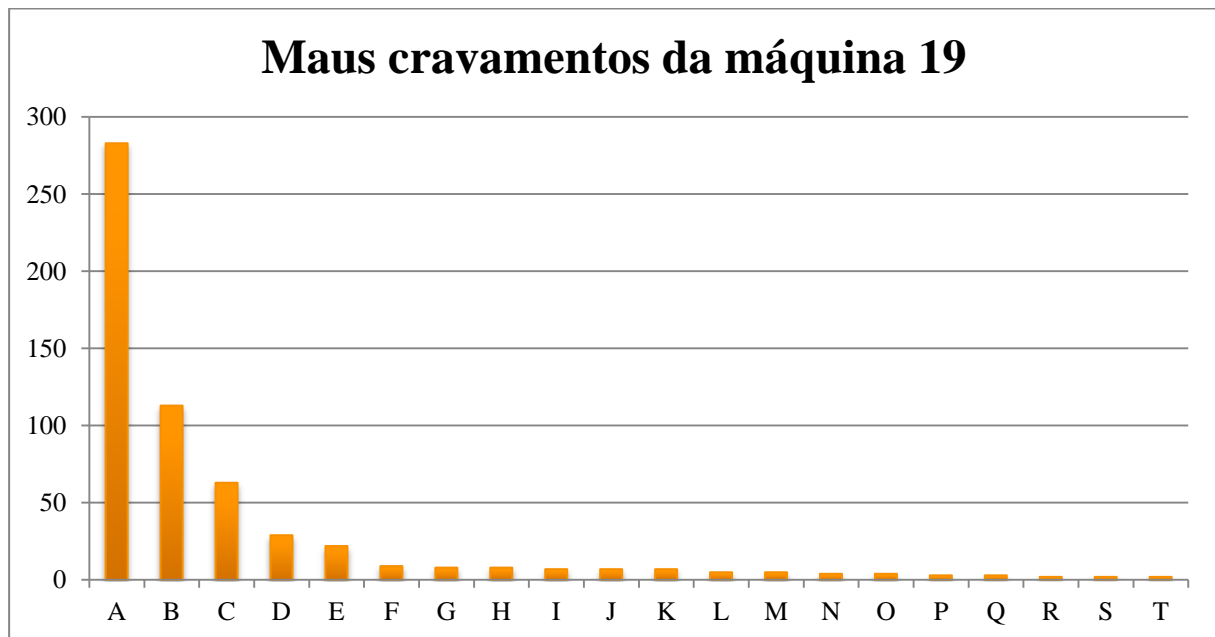


Figura 4.37: Maus cravamentos da máquina 19.

Tal como sucedeu na máquina 14, o terminal que tem o maior número de maus cravamentos não é o mesmo que tem a maior percentagem de desperdício. No caso do terminal K, podemos constatar que tem uma percentagem de desperdício a rondar os 14%, tal como é como ilustrado na Figura 4.38.

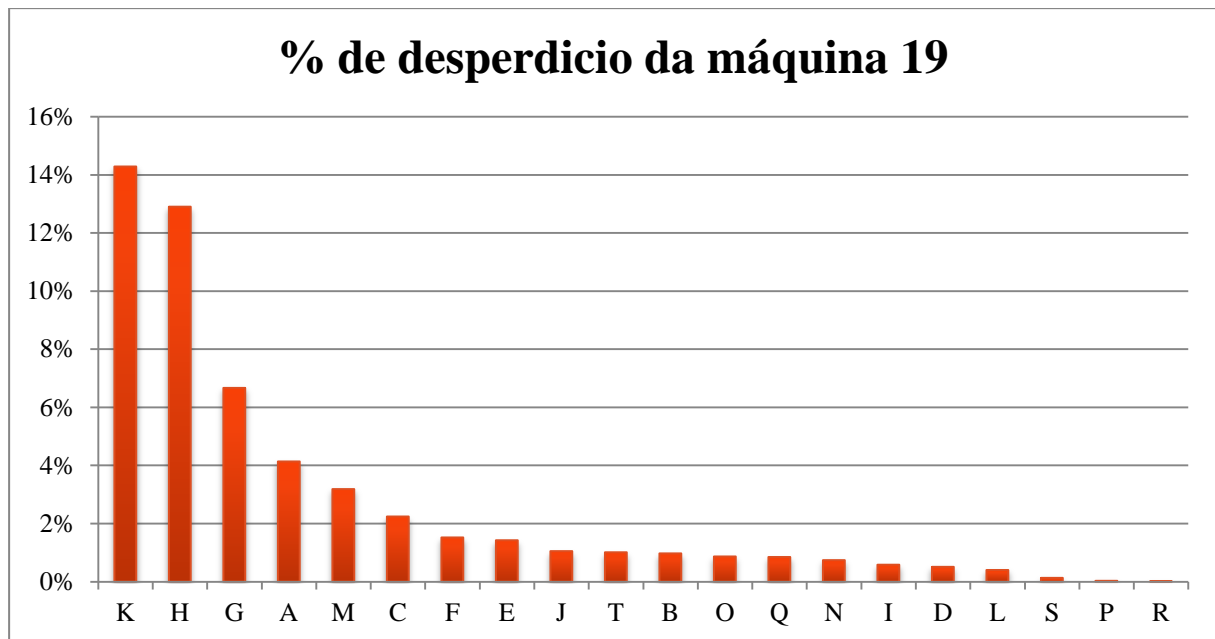


Figura 4.38: Percentagem de desperdício da máquina 19.

Na tabela 4.9 encontra-se a informação que suporta os gráficos acima representados, podendo assim confirmar que o terminal A é o que tem o maior número de maus cravamentos, com 283, e o terminal K é o que tem uma maior percentagem de desperdício, com 14%.

Tabela 4.9: Estatística da máquina 19.

Terminal	Número de maus cravamentos	% de desperdício
A	283	4%
B	113	1%
C	63	2%
E	29	1%
F	22	1%
G	9	2%
H	8	7%
I	8	13%
J	7	1%
K	7	1%
L	7	14%
M	5	0%
N	5	3%
O	4	1%

P	4	1%
Q	3	0%
R	3	1%
S	2	0%
S	2	0%
T	2	1%

1.13 Árvore de classificação

Para tentar perceber a origem dos problemas de desperdício, foi realizada uma análise mais aprofundada aos ficheiros estatísticos das máquinas 9, 14, 17 e 19.

Para a realização da árvore de classificação foi preparado um ficheiro como representado na figura 4.39, tendo sido analisadas 6 variáveis, nomeadamente o número da máquina, qual o lado da máquina onde foi realizado o cravamento, o dia em que foi feito, qual o terminal utilizado, se o cravamento foi ou não executado com sucesso e a hora a que foi realizado em intervalos de 15 minutos.

C2		fx =HORA(B2)+TRUNCAR(MINUTO(B2)/30)/2					
	A	C	D	E	F	G	H
1	Day	Time slot	Crimp Side	Terminal DPN	Machine	crimp	
2	11	0,00	1	10774610	9	1	
3	11	0,00	1	10774610	9	1	
4	11	0,00	1	10774610	9	1	
5	11	0,00	1	10774610	9	1	
6	11	0,00	1	10774610	9	1	
7	11	0,00	1	10774610	9	1	
8	11	0,00	1	10774610	9	1	
9	11	0,00	1	10774610	9	1	
10	11	0,00	1	10774610	9	1	

Figura 4.39: Exemplo de ficheiro analisado.

1.13.1 Máquina 9

Para a máquina 9 e tal como demonstrado na imagem 4.40, é possível verificar que no primeiro nó é efetuada uma verificação de um conjunto de terminais, dividindo a árvore em dois ramos. Para a realização do primeiro teste foram utilizadas 36579 amostras, das quais em 1573 foi executado um mau cravamento o que equivale a uma probabilidade de 4,3%.

Analisando a ramificação do lado direito, iremos verificar se o mesmo foi realizado antes de dia 15 ou nesse dia. Foram estudas 2663 amostras sendo que 974 das quais deram que foi realizado um mau cravamento, com uma probabilidade de 36%.

Analisando agora a ramificação do lado esquerdo com um conjunto de 33916 amostras, podemos constatar que 599 das quais foram maus cravamentos. Caso a data do cravamento seja anterior a dia 15 e possível verificar que a probabilidade de ser um bom cravamento é de 98%, representando um total de 27778 cravamentos. Continuando a analisar a ramificação, foi efetuado o teste da hora do cravamento durante o dia 15, sendo que a probabilidade de ser um bom cravamento e este ser realizado antes das 13 horas e 45 minutos, é de 90.2%. Para uma maior precisão foi realizado um teste num intervalo de tempo, desta vez se foi entre as 13 horas e 45 minutos e as 14

horas e 30 minutos, ou se foi realizado depois das 14 horas e 30 minutos, sendo que é possível verificar que a probabilidade de ser efetuado um mau cravamento depois das 14 horas e 30 minutos é de 65%, representando 38% do total de cravamentos mal efetuados.

Torna-se assim possível concluir que na máquina 9, existe uma grande probabilidade de ser efetuado um cravamento no dia 15 e em particular depois das 14 e 30 minutos, ou seja dos 4,3% de probabilidade de mau cravamento, 38% são depois das 14 horas e 30 minutos do dia 15.

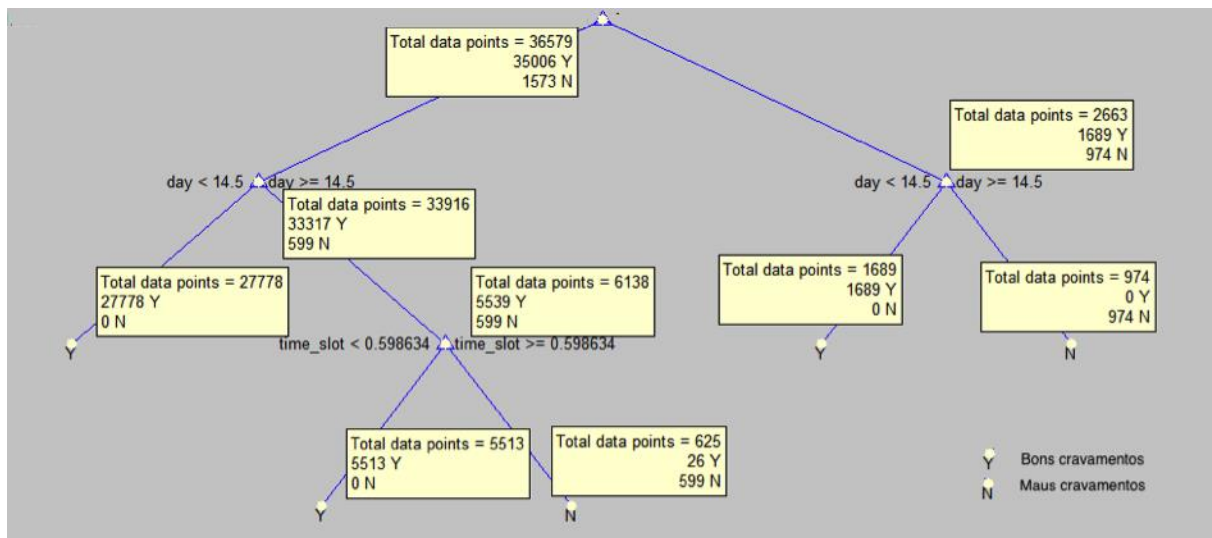


Figura 4.40: Árvore de total de dados analisados da máquina 9.

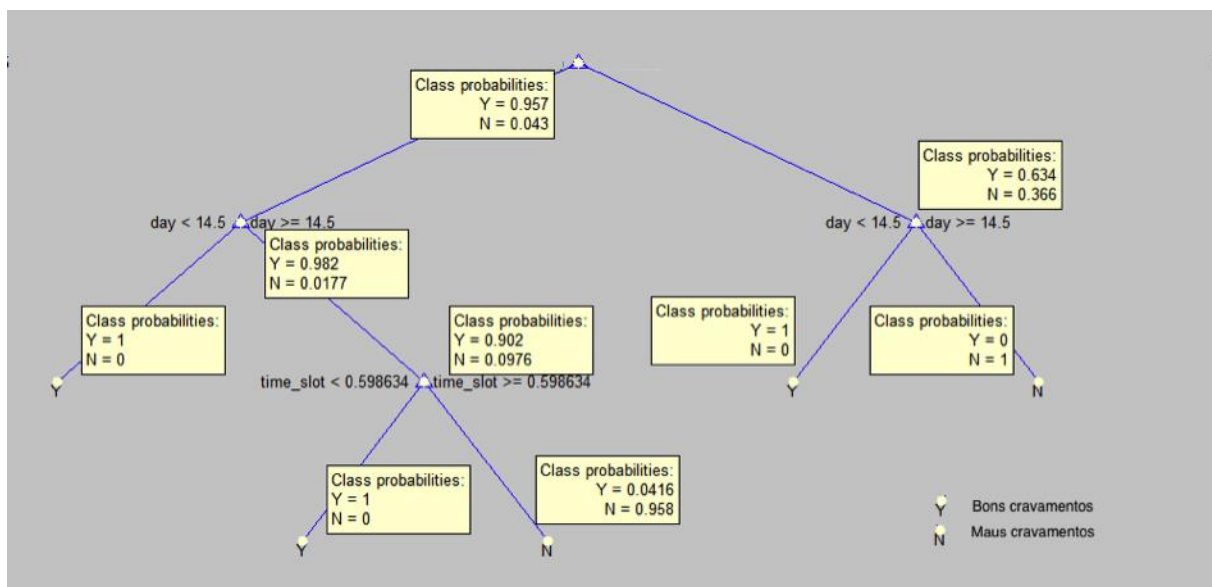


Figura 4.41: Árvore de probabilidades da máquina 9.

1.13.2 Máquina 14

Na máquina 14 e tal como demonstrado na figura 4.42, é possível verificar que no primeiro nó é efetuada uma verificação de um conjunto de terminais sendo que este vai ser dividido em dois ramos.

Para a realização do primeiro teste foram utilizadas 32072 amostras, das quais 193 foi executado um mau cravamento com uma probabilidade de 0,6%.

Analisando a ramificação do lado esquerdo, é possível verificar que para o conjunto de 102 terminais analisados anteriormente e selecionados para esta ramificação, existem cerca de 19 casos de maus cravamentos, com uma probabilidade de 18.6%.

Verificando a ramificação do lado direito, podemos constatar que foram analisados cerca de 31970 cravamentos, dos quais 174 foram executados sem sucesso.

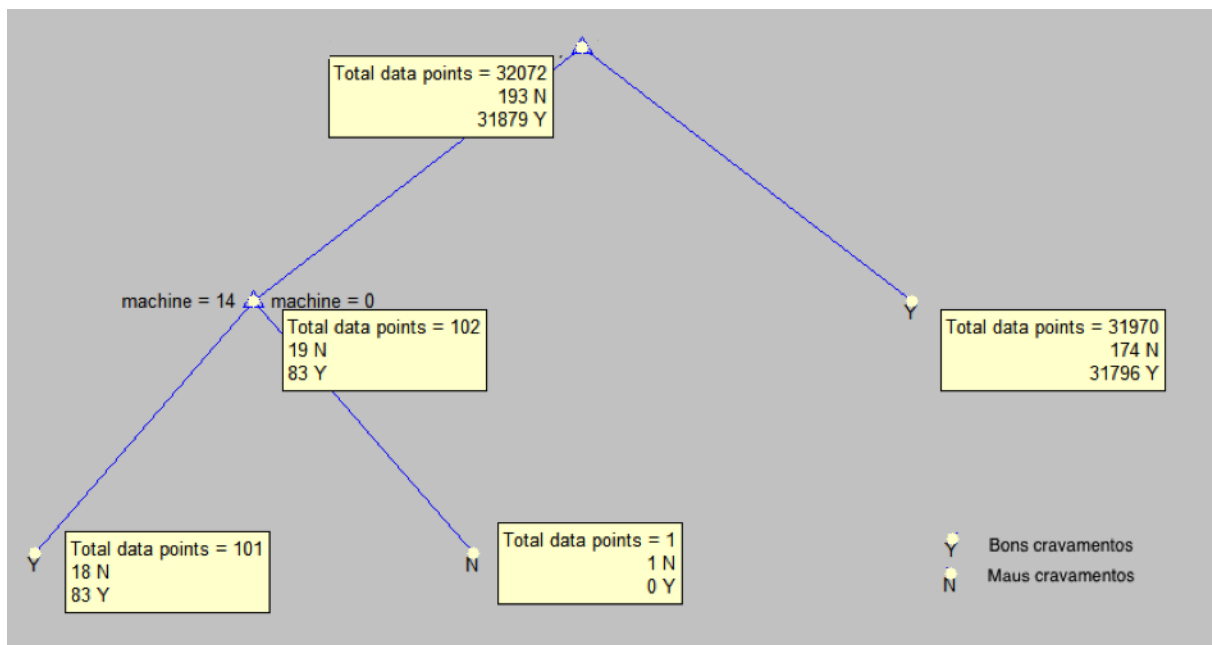


Figura 4.42 Árvore de total de dados analisados da máquina 14.

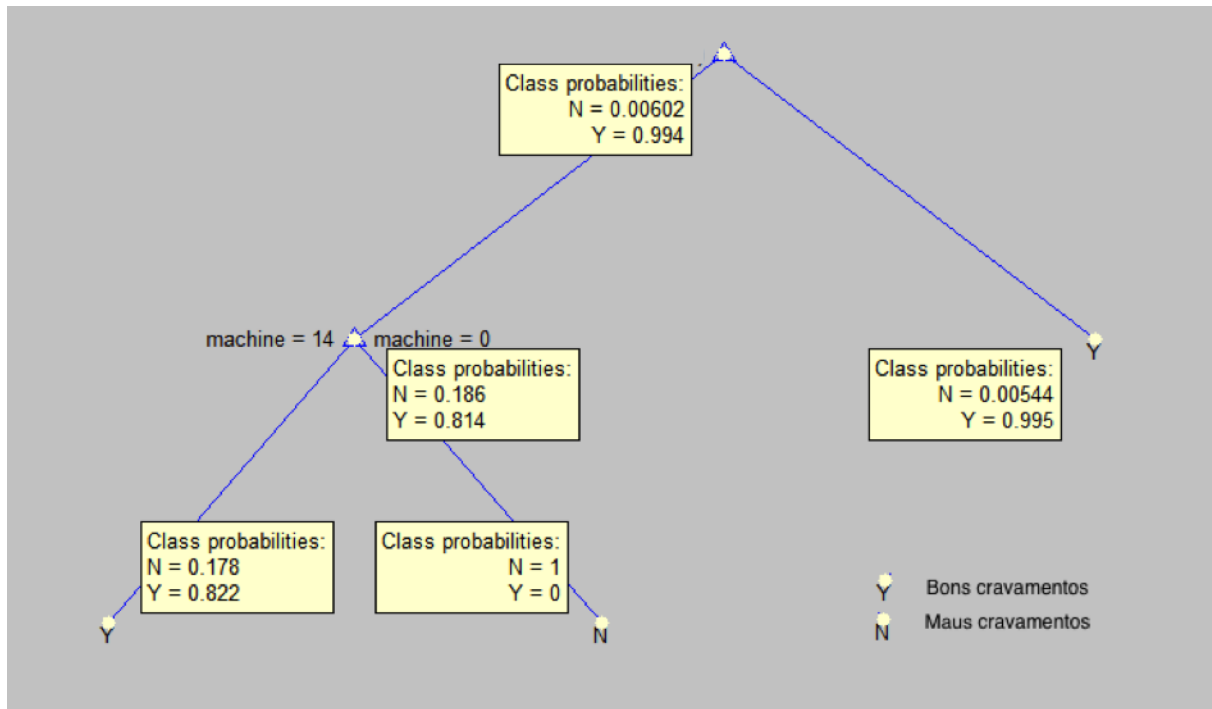


Figura 4.43 Árvore de probabilidades da máquina 14.

1.13.3 Máquina 17

Na máquina 17 tal como é demonstrado na figura 4.42, é possível verificar que no primeiro nó é efetuada uma verificação de um conjunto de terminais numa amostra de 77657 casos, dos quais 77186 foram cravamentos considerados bons, com uma percentagem de 99,4%.

Analisando o conjunto de terminais à esquerda, foi necessário realizar o teste do intervalo de tempo, numa amostra de 450 casos. Foi verificado se o intervalo de tempo era menor ou maior que as 20 horas e 45 minutos. O resultado demonstrou que foram efetuados antes das 20 horas e 45 minutos um total 100 maus cravamentos, com uma probabilidade de 22,2%.

Caso o intervalo de tempo seja inferior às 20 horas e 45 minutos, foi necessário verificar qual o lado da máquina de corte em que os mesmos foram cravados. Depois de analisadas 280 amostras foi possível verificar que 80 das quais foram consideradas negativas, ou seja maus cravamentos, com uma percentagem de 28,6%.

Sendo que caso seja o lado 2, só existem bons cravamentos, foi necessário verificar o lado 1, realizando-se novo teste a um conjunto de terminais. De uma amostra de 152 amostras, podemos verificar que a probabilidade de ter sido efetuado um mau cravamento é de 37,5%.

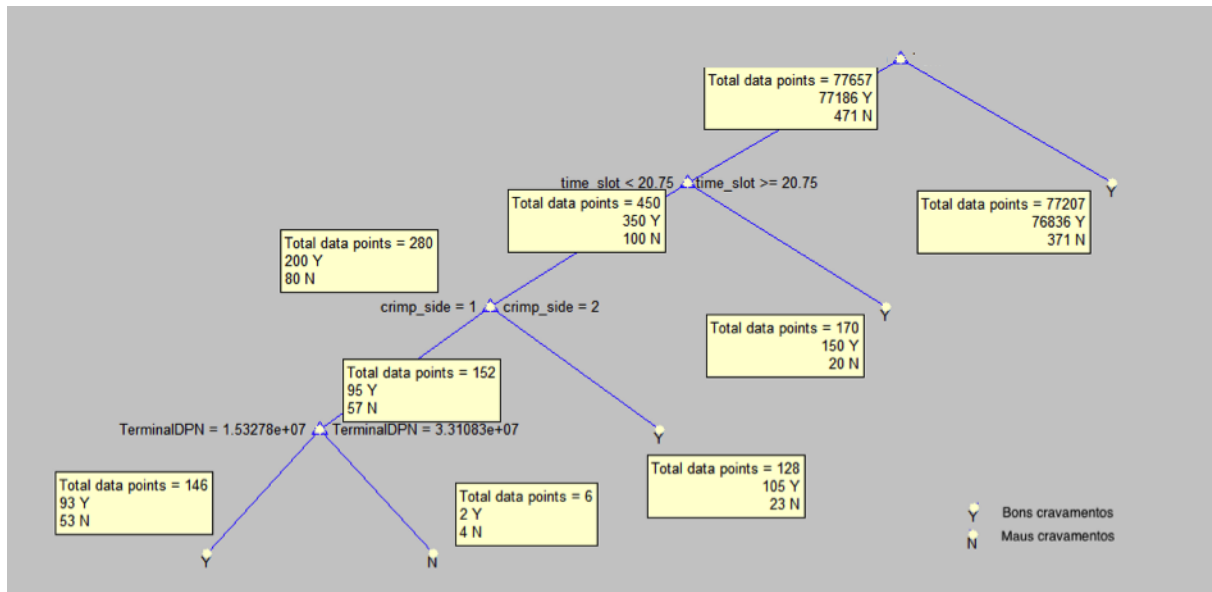


Figura 4.44 Árvore de total de dados analisados da máquina 17.

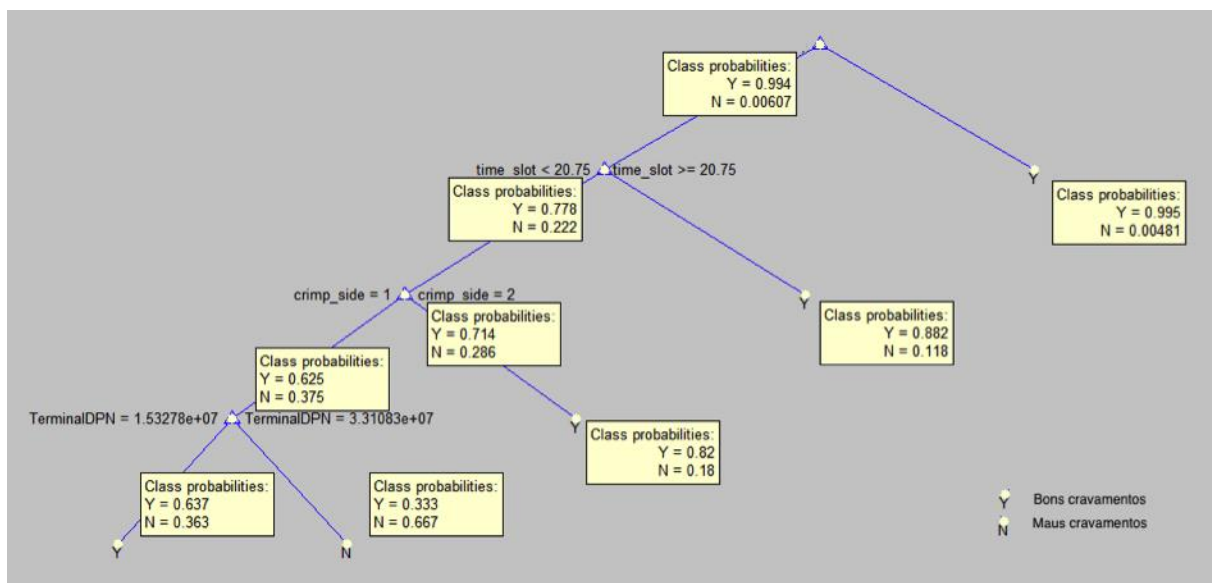


Figura 4.45 Árvore de probabilidades da máquina 17.

1.13.4 Máquina 19

Na máquina 19, não é perceptível o desenho da árvore devido ao elevado número de montagem de novas ferramentas, sendo também o número de bons cravamentos muito superior ao de maus cravamentos realizados.

Desta forma podemos verificar que para esta máquina não é possível retirar qualquer tipo de conclusões.

1.14 Plataforma WEB

A Figura 4.46 ilustra a página inicial da plataforma WEB, que é dividida em sete separadores. Cada um dos separadores tem funções distintas, sendo que para aceder a operações de administração, tais como inserção de novos problemas na tabela dos problemas é necessário ser um utilizador autenticado.

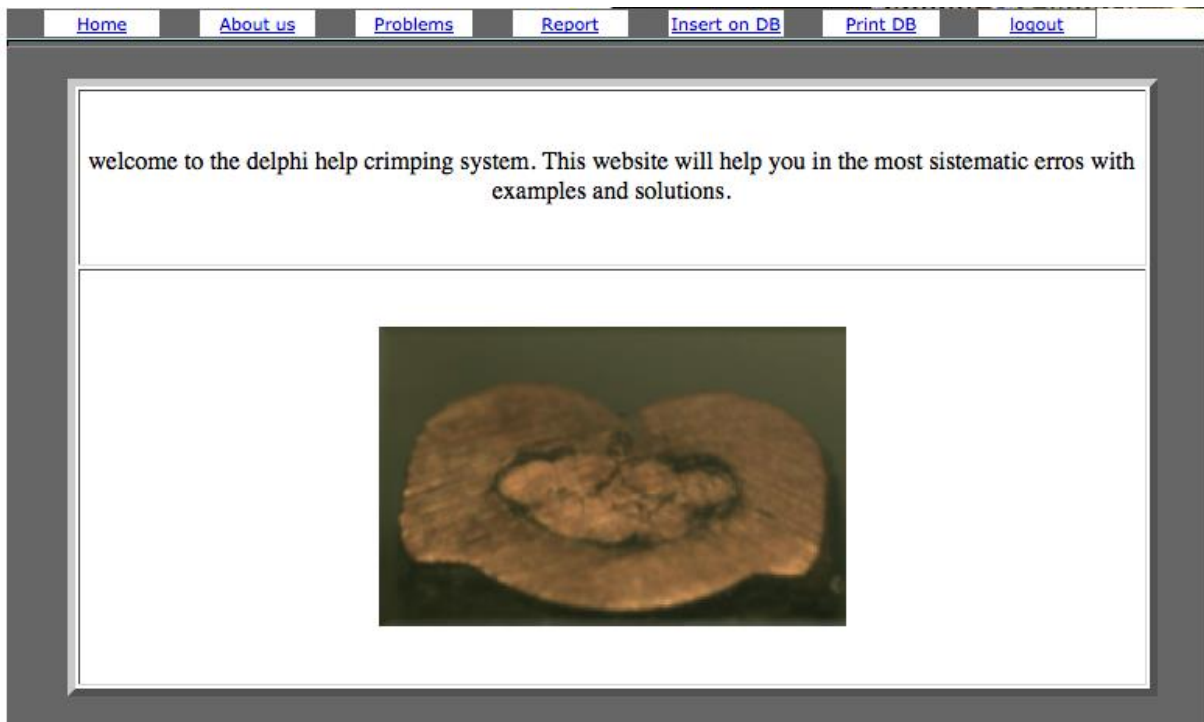


Figura 4.46: página inicial da plataforma WEB.

Caso a escolha do utilizador seja o separador *Problems*, vai-lhe ser apresentada uma página idêntica à Figura 4.47. Neste caso é possível escolher entre um caso real ou um caso de estudo.

No caso de estudo é apenas efetuado uma simulação de um possível problema, não sendo assim necessário qualquer tipo de registo da informação analisada na tabela de Registos.

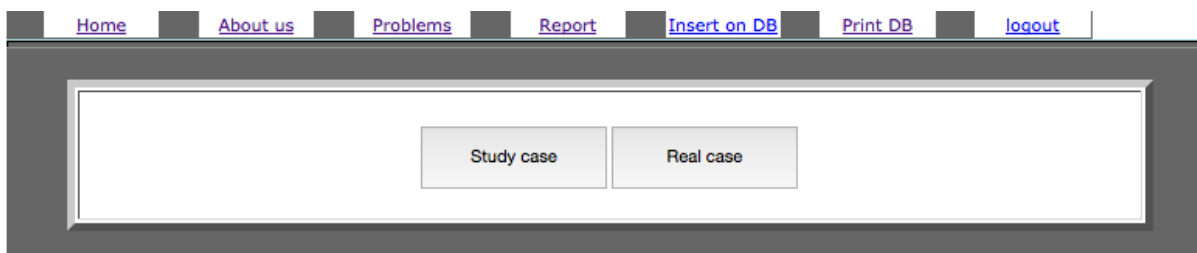


Figura 4.47: Separador problemas.

Aquando da seleção do problema é apresentado uma lista de problemas conhecidos, tal como demonstrado na Figura 4.48.

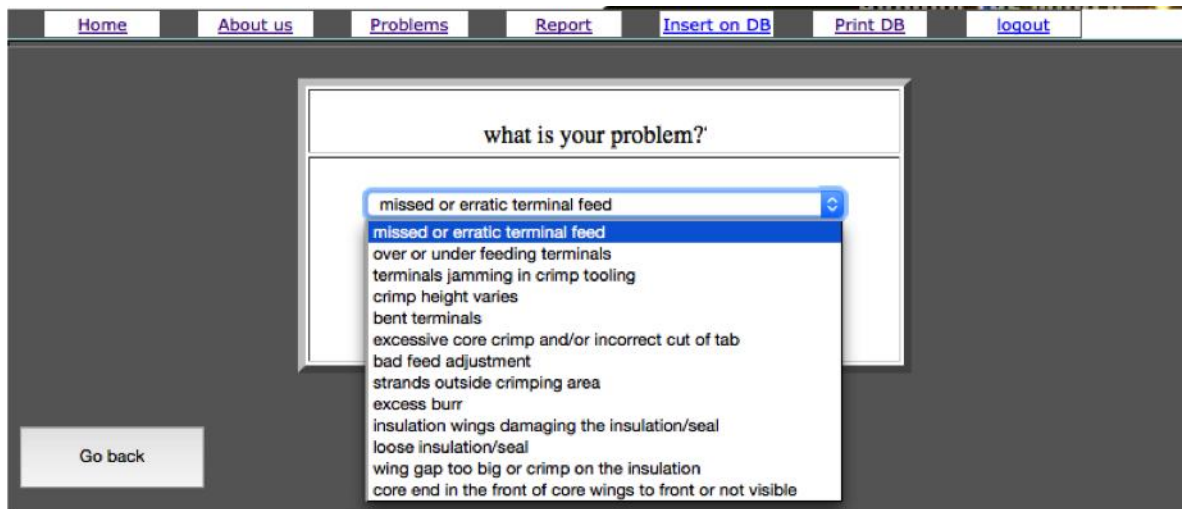


Figura 4.48: Escolha do problema em modo de treino.

Cada um dos problemas acima referenciados está associado a um conjunto de causas, tal como demonstrado na Figura 4.49.

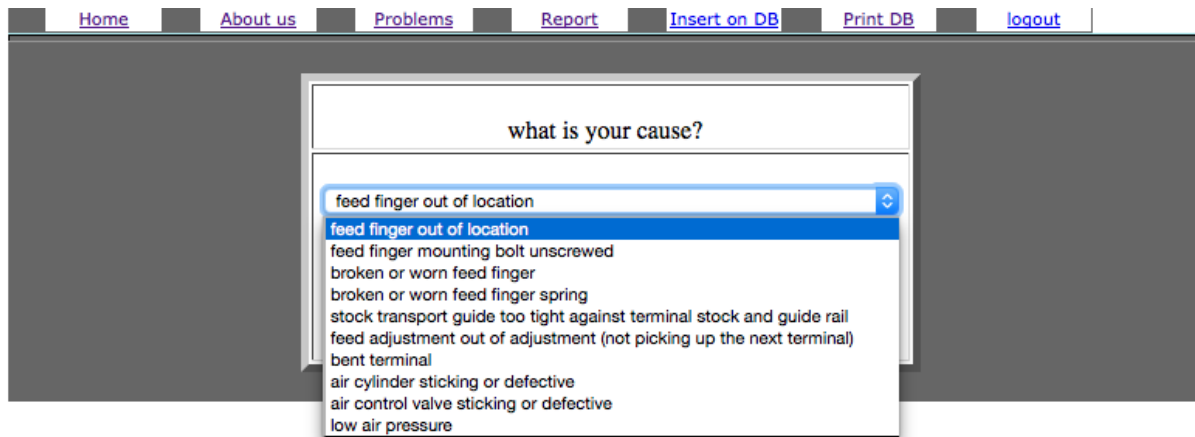


Figura 4.49: Escolha da causa em modo de treino.

Por último, para cada causa conhecida está associada uma solução, tal como demonstrado na Figura 4.50.

The screenshot shows a web application interface with a navigation bar at the top containing links: Home, About us, Problems, Report, Insert on DB, Print DB, and logout. The main content area has a dark gray background. In the center, there is a white box with a border. Inside this box, at the top, is a smaller white box with the text "Possible solution:". Below it, another white box contains the text "adjust feed finger into proper location". At the bottom of the main white box, there is a button labeled "Go Home".

Figura 4.50: Possível solução em modo de treino.

Caso o utilizador escolha o caso real, tal como demonstrado na Figura 4.51, vão ser necessárias informações tanto da fábrica onde ocorreu o problema, bem como do número de identificação do utilizador que submete o mesmo na plataforma, para que se possa mais tarde fazer um estudo de quais os problemas mais frequentes e em que fábricas.

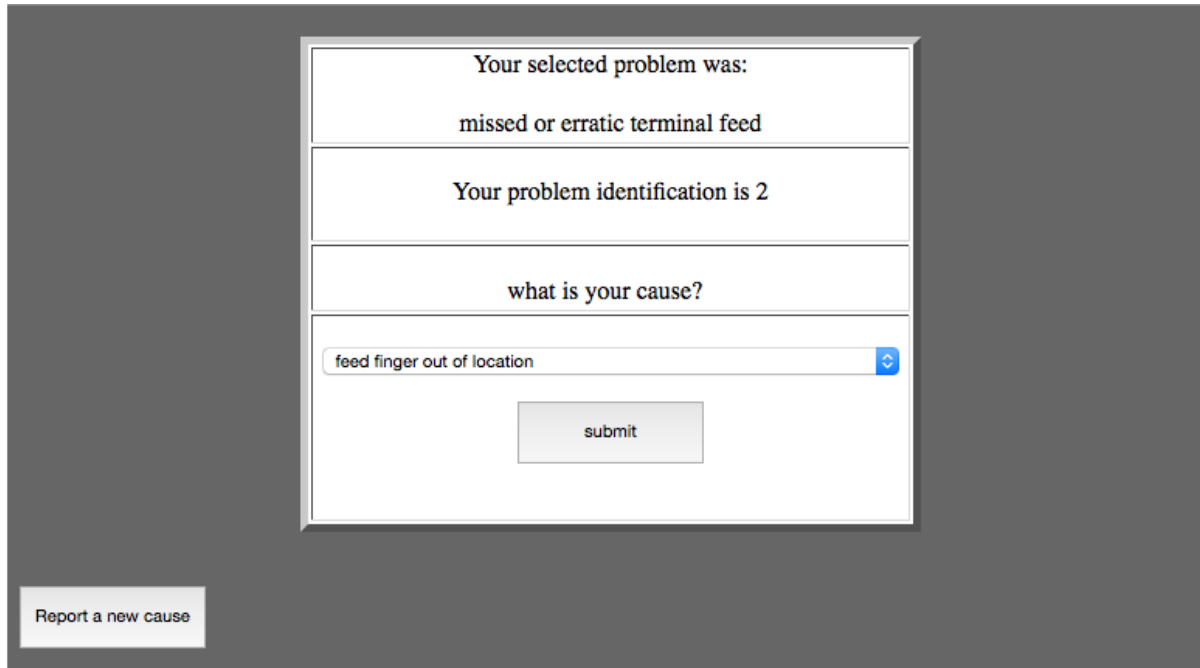
Tal como no caso de estudo, é possível escolher qual o problema que ocorreu, sendo que a diferença, é que no caso real este vai ser registado na tabela de registos para uma posterior consulta.

The screenshot shows a web application interface with a navigation bar at the top containing links: Home, About us, Problems, Report, Insert on DB, Print DB, and logout. The main content area has a dark gray background. In the center, there is a white box with a border. Inside this box, at the top, is the text "Introduce Your ID:". Below it is a text input field containing "123456". Below that is the text "Introduce the Factory:". Below it is a dropdown menu showing "DPT". Below that is the text "Introduce Machine ID (Optional):". Below it is an empty text input field. Below that is the text "Introduce the problem". Below it is a dropdown menu showing "missed or erratic terminal feed". Below that is a button labeled "submit". At the bottom of the main white box, there is a button labeled "Report a new Problem".

Figura 4.51: Introdução de um novo problema na tabela de registo.

No modo real, cada problema vai ser identificado por um número de identificação único, para que este possa ser seguido futuramente pelo utilizador, caso este tenha de investigar na fábrica de acordo com o problema qual a causa do mesmo, tal como demonstrado na Figura 4.52.

Caso o utilizador não encontre a causa responsável pelo problema por entre as que existem na lista das conhecidas, este pode reportar uma nova causa, sendo que esta vai ser analisada pelo responsável da área de cravamento.



The image shows a web form with a dark gray background. The form is a white box with a thin border, containing several sections. The first section has the text "Your selected problem was:" followed by "missed or erratic terminal feed". The second section has the text "Your problem identification is 2". The third section has the text "what is your cause?". Below this is a text input field containing "feed finger out of location" and a blue dropdown arrow icon. At the bottom of the form is a "submit" button. In the bottom left corner of the dark gray area, there is a button labeled "Report a new cause".

Figura 4.52: Introdução da causa na base de dados.

Aquando da finalização da introdução do problema e da causa, a plataforma vai indicar uma possível solução para o problema, tal como exemplificado na Figura 4.53. Caso a solução indicada pela plataforma não solucione o problema o utilizador indicará que este não foi solucionado e será enviada uma mensagem de correio eletrónico para o responsável do cravamento para que este possa investigar a situação e posteriormente, caso seja necessário inserir uma nova solução na tabela de soluções,

The screenshot shows a web application interface with a navigation bar at the top containing links: Home, About us, Problems, Report, Insert on DB, Print DB, and logout. The main content area has a dark gray background. In the center, there is a white rectangular box with a thin border. Inside this box, the text "Possible solution:" is displayed above a text input field containing the text "adjust feed finger into proper location". Below this input field, the text "This solve the problem?" is displayed. Underneath this text, there is a dropdown menu with the word "yes" selected. At the bottom of the box, there is a "submit" button.

Figura 4.53: Possível solução de um problema numa situação real.

Para a introdução de um novo problema na tabela de problemas, é necessário que o utilizador esteja autenticado e que o mesmo tenha acesso a este conteúdo.

The screenshot shows a web application interface with a navigation bar at the top containing links: Home, About us, Problems, Report, Insert on DB, Print DB, and logout. The main content area has a dark gray background. In the center, there is a white rectangular box with a thin border. Inside this box, the text "Introduce the new problem:" is displayed above a text input field. Below the input field, there is a "Submit" button.

Figura 4.54: Introdução de um novo problema na tabela problemas.

Ao inserir um novo problema, o utilizador vai ter de introduzir também uma nova causa e uma nova solução para o mesmo, tal como é demonstrado na Figura 4.54. Caso este problema tenha diversas causas, é possível introduzir diversas causas, bem como diversas soluções.

Do you have another cause?

submit

Yes
NO

Figura 4.55: Introdução de novas causas na tabela causas.

No separador Print DB, o utilizador pode visualizar o conteúdo da tabela de registos, podendo assim verificar o estado das diversas ocorrências, tal como demonstrado na Figura 4.56. Neste separador é possível fazer pesquisas na tabela de registos com base na identificação de registo na identificação do operador, na fábrica, ou de todas as ocorrências.

Id Regist	Id Problem	Id cause	Id Solution	Id Operator	Id factory	Machine Number	Date
2	missed or erratic terminal feed	feed finger out of location	adjust feed finger into proper location	123456	Castelo Branco	0	2015-09-13 01:30:47

Figura 4.56: Print da tabela de registo.

5. Conclusões e Trabalho Futuro

1.15 Conclusões

Neste projeto foram colectados os ficheiros estatísticos de máquinas automáticas de cravamento. Com base nos ficheiros foi desenvolvida uma ferramenta que analisa e agrega a informação estatística num ficheiro de Excel transformando os dados em informação e seguidamente em gráficos a fim de melhorar a sua análise e interpretação.

Através da análise dos resultados foi possível chegar à conclusão, que para cada tipo de máquina é necessário uma análise separada, pois mesmo que se tratem de parâmetros iguais, cada máquina é o um caso de estudo diferente. Existem diversas variáveis que podem influenciar os resultados obtidos, nomeadamente o tempo e o tipo de terminal, tais como o material que o mesmo é feito, o tratamento final ou até mesmo o fio a ser processado.

No início do estudo foi realizada uma análise aos ficheiros estatísticos de um total de 21 máquinas de corte de forma a perceber quais eram as que estavam a gerar um maior número de cravamentos defeituosos. Com este estudo foi possível verificar que as máquinas 9, 7, 14 e 19 eram as que apresentavam um maior número de cravamentos defeituosos, com uma probabilidade aproximada de 1% cada. De acordo com o estudo anterior, procedeu-se à implementação de uma árvore de decisão de forma a entender melhor os motivos pelos quais existiam os erros.

Pôde-se constatar que na máquina 9, onde foram verificados os 20 terminais com o maior número de maus cravamentos, a probabilidade de ser efetuado um mau cravamento depois das 14 horas e 30 minutos do dia 15 é elevada em relação aos outros dias.

Na máquina 14, como conclusão da análise é possível verificar que o fator temporal não é de todo uma variável significativa. É possível no entanto confirmar que a tipologia do terminal a processar é efetivamente relevante. Esta conclusão direciona a análise seguinte para a interpretação dos desenhos dos terminais com o foco de evidenciar as diferenças entre os mesmos. Adicionalmente as ferramentas de cravar os respetivos terminais terão de ser estudadas, seja na vertente de processo seja na das peças que compõem a ferramenta de cravar, esta análise cai no âmbito da manutenção como tal esta análise terá de ser endereçada ao respetivo departamento, não tendo sido possível efetuar a específica análise.

Na máquina 17, a análise indica que existem 2 fatores importantes nos maus cravamentos, sendo eles o lado 1 da máquina de corte ter um qualquer tipo de problema de calibração, fazendo com que os terminais processados tenham mais problemas aquando do cravamento. A segunda situação verificou-se mais em particular nos cravamentos que ocorrem depois das 20 horas e 45 minutos, podendo assim indicar que os terminais processados a partir dessa hora possam ser de difícil processamento nas máquinas de corte.

Em relação à máquina 19, não é possível retirar qualquer conclusão sobre o nível de desperdício, pois a árvore gerada com os dados analisados pela mesma são inconclusivos. Uma das possíveis causas poderá ser o facto de esta ser a máquina que processa o maior número de terminais de tipos diferentes.

Para que os erros fossem evitados ou minorados no futuro, foi criada uma plataforma online onde os técnicos podem realizar simulações de erros e conhecer possíveis soluções para os mesmos com os dados anteriormente estudados. Nesta plataforma também é possível realizar testes para que os técnicos possam melhorar a sua capacidade para a resolução de erros, sendo desta forma uma ferramenta útil não somente para treino mas também para manutenção dos equipamentos. Sabendo-se com antecedência quais os pontos críticos do equipamento que têm influência direta no produto final, por exemplo no caso de um terminal estar desalinhado, é possível concluir que a ferramenta está desafinada necessitando de manutenção. Desta forma o departamento de manutenção pode efetivamente planejar intervenções atempadas e direcionadas para as causas reais dos problemas.

1.16 Trabalho Futuro

Como desenvolvimentos futuros, propõe-se a criação de uma lista de terminais que deram problemas no processo de cravamento, para que se possa estudar as suas características físicas que têm influência no processo de cravamento.

Com base nos resultados da análise anterior, caso as características dos terminais não sejam problemáticas, proceder à verificação das características físicas das máquinas, bem como ao processo de treino dos operadores das mesmas.

6. Referências

Nota: nesta seção onde se lê “Empresa” entenda-se a empresa onde foi realizado o estágio e por razões de confidencialidade não é revelada a sua identidade.

- [1] Empresa, “Web site da empresa,” 2016. .
- [2] J. P. Womack, D. T. Jones, and D. Roos, *The Machine that Changed the World: The Story of Lean Production*. 1990.
- [3] W. G. Sullivan, T. N. McDonald, and E. M. Van Aken, “Equipment replacement decisions and lean manufacturing,” in *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 2002, vol. 18, no. 3–4, pp. 255–265.
- [4] Empresa, *Crimping description*. 2016.
- [5] Empresa, *Crimping Dies*. 2016.
- [6] Empresa, “Cutting Description,” 2016.
- [7] Komax, “Komax cutter.” .
- [8] Empresa, *Monitoring Description*. 2016.
- [9] Komax, “Medidor da força de tração.” [Online]. Available: <http://www.komaxgroup.com/pt-BR/Wire/Products-and-Solutions/Products/Quality-Tools/Q1210/>.
- [10] Empresa, *Crimping Terminal*. 2016.
- [11] Empresa, *Monitoring Work Instructions*. 2016.
- [12] L. Breiman, “Bagging Predictors,” *Mach. Learn.*, vol. 24, pp. 123–140, 1996.
- [13] J. R. Quinlan, “Simplifying decision trees,” *Int. J. Man. Mach. Stud.*, vol. 27, no. 3, pp. 221–234, 1987.
- [14] J. R. Quinlan, “Induction of Decision Trees,” *Mach. Learn.*, vol. 1, no. 1, pp. 81–106, 1986.
- [15] J. R. Quinlan, “Decision Trees and Decisionmaking,” *IEEE Trans. Syst. Man Cybern.*, vol. 20, no. 2, pp. 339–346, 1990.
- [16] L. Breiman, J. H. Friedman, R. A. Olshen, and C. J. Stone, *Classification and Regression Trees*, vol. 19. 1984.

- [17] Cesar Augusto Taconeli, “Árvores de classificação multivariadas fundamentadas em coeficientes de dissimilaridade e entropia Piracicaba,” Universidade de São Paulo, 2008.
- [18] B. M. Viana Gomes, “Previsão de Churn em Companhias de Seguros,” Universidade do Minho, 2011.
- [19] Marcos Henriques , “Web Mining,” ISCTE, 2010.
- [20] João Gama, “Árvores de Decisão,” FCUP, 2002.
- [21] Vitor Lobo, “Arvores de Decisão,” ISEGI, 2005.
- [22] Edukavita, “Definição, conceito, significado, o que é Plataforma Virtual,” 2013. [Online]. Available: <http://edukavita.blogspot.pt/2013/05/plataforma-virtual.html>.
- [23] Mark Norman Francis, “A história da Internet e da web, e a evolução dos padrões web,” 2010. [Online]. Available: <https://danillonunes.com/curriculo-dos-padroes-web/a-historia-da-internet-e-da-web-e-a-evolucao-dos-padroes-web#a-chegada-dos-padroes-web>.
- [24] The PHP Group, “História do PHP.” [Online]. Available: https://secure.php.net/manual/pt_BR/history.php.php.
- [25] Alexandre Altair, “PHP Profissional,” Novatec, 2007.
- [26] *PHP Hypertext Preprocessor*. [Online]. Available: <http://php.net/>
- [27] Sharpened Productions, “MySQL,” 2007. [Online]. Available: <http://techterms.com/definition/mysql>.
- [28] “História do MySql,” 2014. [Online]. Available: <http://blog.segr.com.br/historia-do-mysql/>.
- [29] I. Hickson, “HTML Microdata,” *W3C Working Draft*, 2012. .
- [30] Ross Shannon, “The History of HTML,” 2016. [Online]. Available: <http://www.yourhtmlsource.com/starthere/historyofhtml.html>.
- [31] librosweb.es, “Breve historia de HTML.” [Online]. Available: http://librosweb.es/libro/xhtml/capitulo_1/breve_historia_de_html.html.